



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **“REPOTENCIACIÓN DE UN ELEVADOR ELECTRO- HIDRÁULICO TIPO DOS COLUMNAS, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL TALLER DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**NELSON WALKIR CHARIGUAMÁN ALVAREZ  
LUIS ALFREDO VARGAS GALLEGOS**

## **TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-12-23

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**NELSON WALKIR CHARIGUAMÁN ALVAREZ**

---

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO TIPO  
DOS COLUMNAS, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL TALLER DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. David Bravo Morocho  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas  
ASESOR DE TESIS

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**2013-12-23**

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**LUIS ALFREDO VARGAS GALLEGOS**

---

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO TIPO  
DOS COLUMNAS, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL TALLER DE LA  
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. David Bravo Morocho  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Marcelo Castillo Cárdenas  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:** NELSON WALKIR CHARIGUAMÁN  
ALVAREZ

**TÍTULO DE LA TESIS:** “REPOTENCIACIÓN DE UN ELEVADOR ELECTRO-  
HIDRÁULICO TIPO DOS COLUMNAS, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL  
TALLER DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-07-07

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. David Bravo Morocho DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:** LUIS ALFREDO VARGAS GALLEGOS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “REPOTENCIACIÓN DE UN ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO TIPO DOS COLUMNAS, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL TALLER DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

**Fecha de Examinación:** 2014-07-07

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. David Bravo Morocho DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Nelson Walkir Chariguamán Alvarez

---

Luis Alfredo Vargas Gallegos

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por haberme brindado la salud necesaria y guiado por el camino correcto, dé manera muy especial a mis padres y hermanos: Maximiliano Chariguamán. Luisa Alvarez y Liliana, Cecilia, Adriana, Andrés, Abrahán, Sofía y Juan David Chariguamán Alvarez, con mucho aprecio a Freddy R. Aida CH. Diana G. Daniela Y. Segundo H. y Clara P.

Quienes han sido parte fundaméntamela e incondicional tanto en mi vida como en mi formación profesional, dotándome así de apoyo y la confianza necesaria para obtener lo hasta ahora anhelado.

También quisiera dedicarle con mucho amor, a mi esposa, Mariana Hinojoza que han sido mi mayor impulso, inspiración y motivación para lograr culminar una etapa más en mi vida profesional, y así juntos cumplir las metas restantes que tenemos proyectadas como familia.

**Nelson Chariguamán Alvarez**

Dedico esta tesis con todo mi amor y cariño a Dios a mis padres y para todas las personas quienes inspiraron mi espíritu y me apoyaron e hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños y aspiraciones por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se me terminaba ya que era muy difícil de atravesar, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

En especial a mis tíos Rubén y Regina que me han apoyado incondicionalmente en todos los momentos tantos buenos como malos, logrando así orientarme hacia como llegar a ser una persona de bien hacia el mundo.

**Luis Vargas Gallegos**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a ésta noble Institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y de manera muy especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por llegar a brindarme la gran oportunidad de obtener una profesión y de esta manera ser una persona útil para el desarrollo de la sociedad.

De igual manera a todas las personas que directa o indirectamente hicieron posible el desarrollo de este proyecto de tesis, tanto con ayuda moral como intelectual.

Y de manera muy especial agradecerles a mi familia, amigos, compañeros y profesores que siempre me apoyaron de alguna forma para poder culminar esta profesión con éxito una etapa de mi vida.

**Nelson Chariguamán Alvarez**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Y en especial me gustaría agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado y para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

**Luis Vargas Gallegos**



# CONTENIDO

		Pág.
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación técnica-económica .....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i> ....	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i> .....	2
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1.	Principio de funcionamiento.....	4
2.1.1	<i>Fluidos incompresibles</i> .....	5
2.1.2	<i>Fluidos compresibles</i> .....	5
2.1.3	<i>Principio de Pascal</i> .....	6
2.2	Elementos hidráulicos.....	8
2.2.1	<i>Cilindros hidráulicos.</i> .....	8
2.2.2	<i>Cilindros de simple efecto.</i> .....	8
2.2.3	<i>Cilindros de doble efecto..</i> .....	9
2.2.4	<i>Accesorios hidráulicos.</i> .....	11
2.2.5	<i>Válvulas distribuidoras 2/2</i> .....	11
2.2.6	<i>Válvulas distribuidoras 3/2</i> .....	11
2.2.7	<i>Válvulas reguladoras de presión</i> .....	13
2.2.8	<i>Válvulas reguladoras de caudal.</i> .....	14
2.3	Bombas .....	14
2.3.1	<i>Bombas centrífugas</i> .....	15
2.3.2	<i>Bombas rotatorias..</i> .....	16
2.3.3	<i>Bombas reciprocantes o alternativas.</i> .....	16
2.4	Vigas de soporte .....	17
2.4.1	<i>Tipos de apoyo</i> .....	17
2.4.2	<i>Fuerza cortante</i> .....	17
2.4.3	<i>Momento flexionante o flector..</i> .....	17
2.5	Elevadores .....	17
2.6	Tipos .....	18
2.6.1	<i>Elevador de 2 columnas electromecánico.</i> .....	18
2.6.2	<i>Elevador de 2 columnas electrohidráulico</i> .....	19
2.6.3	<i>Elevadores de 4 columnas electromecánico.</i> .....	19
2.6.4	<i>Elevadores de 4 columnas electrohidráulico</i> .....	20
2.7	Elevadores de tijeras .....	21
2.7.1	<i>Elevadores de tijeras de baja altura</i> .....	21
2.7.2	<i>Elevadores de tijeras de Serie 600 – 610 – 640.</i> .....	23
2.8	Ventajas y desventajas.....	23
2.8.1	<i>Ventajas elevador hidráulico</i> .....	23
2.8.2	<i>Desventaja elevador hidráulico.</i> .....	25
2.8.3	<i>Transmisión de potencia.</i> .....	25
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO</b>	
3.1	Determinación del estado de los elementos y piezas del elevador electro-hidráulico.....	27
3.1.1	<i>Sistema hidráulico (bomba).</i> .....	27
3.1.2	<i>Mangueras hidráulico.</i> .....	29
3.1.3	<i>Fugas de aceite.</i> .....	30

3.1.4	<i>Cilindros</i> .....	30
3.1.5	<i>Electroválvula</i> .....	31
3.1.6	<i>Columnas</i> .....	32
3.1.7	<i>Puente del elevador</i> .....	33
3.1.8	<i>Carros deslizables de las columnas</i> .....	34
3.1.9	<i>Sistema eléctrico (caja eléctrica)</i> .....	35
3.1.10	<i>Cables eléctricos</i> .....	36
3.1.11	<i>Los pulsadores de accionamiento</i> .....	36
<b>4.</b>	<b>REPOTENCIACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO</b>	
4.1	Mangueras hidráulicas .....	38
4.1.1	<i>Alta presión</i> .....	38
4.1.2	<i>Baja presión</i> .....	39
4.1.3	<i>Extrema presión</i> .....	40
4.2	Selección de accesorios hidráulicos.....	41
4.2.1	<i>Mangueras de alta presión</i> .. .....	41
4.2.2	<i>Acoples hidráulicos</i> .....	42
4.3	Sustitución de los accesorios hidráulicos .....	42
4.4	Ubicación del elevador en el taller .....	45
4.5	Diseño arquitectónico para la construcción del piso .....	46
4.6	Construcción de la plataforma para la implementación del elevador electro-hidráulico.....	46
4.6.1	<i>Pasos de construcción del piso</i> .....	46
4.6.2	<i>Preparación del piso</i> .. .....	46
4.7	Proceso de pintado.....	53
4.8	Proceso de armado del elevador electro-hidráulico .....	56
4.8.1	<i>Instalación del elevador electro-hidráulico</i> .....	58
4.9	Pruebas de funcionamiento del elevador electro-hidráulico .....	63
4.9.1	<i>Pruebas sin cargas</i> .....	63
4.9.2	<i>Pruebas con cargas</i> .....	64
4.10	Estudio de esfuerzos y simulación en CAD .....	65
4.10.1	<i>Análisis estático en los brazos</i> .....	65
4.10.2	<i>Resultados del estudio</i> .....	66
4.11	Simulación en CAD.....	67
<b>5.</b>	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO Y MANUAL DE OPERACIÓN PARA EL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO</b>	
5.1	Elaboración de un plan básico de seguridad del equipo .....	69
5.1.1	<i>Instrucciones de seguridad importantes</i> .....	70
5.1.2	<i>Medidas de seguridad</i> .....	71
5.1.3	<i>Funcionamiento del trinquete o seguro</i> .....	79
5.2	Elaboración del plan de mantenimiento del elevador .....	81
5.3	Mantenimiento del sistema hidráulico .....	81
5.3.1	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	81
5.4	Mantenimiento semanal.....	82
5.5	Mantenimiento mensual .....	82
5.5.1	<i>Mantenimiento mensual requerido</i> .....	84
5.5.2	<i>Mantenimiento e inspección del cable de acero</i> .....	84
5.6	Mantenimiento anual.....	85
5.7	Manual de operación segura del elevador electro-hidráulico .....	87
5.7.1	<i>El entrenamiento/capacitación debería incluir, pero no limitarse a</i> .....	87
5.7.2	<i>Lo que no se debe hacer cuando se pone en funcionamiento el elevador</i> .....	87
5.8	Diagnóstico de problemas.....	89

<b>6.</b>	<b>COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ELEVADOR EN EL TALLER DE LA EIA</b>	
6.1	Costos directos.....	91
6.1.1	<i>Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos del elevador electro-hidráulico.....</i>	91
6.1.2	<i>Costo de materiales de construcción para la implementación del elevador electro-hidráulico.....</i>	93
6.1.3	<i>Costo de mano de obra.....</i>	94
6.1.4	<i>Costo de equipos y herramientas.....</i>	94
6.1.5	<i>Costo de transporte. . . . .</i>	95
6.2	Costos indirectos.....	95
6.3	Costo total y presupuesto.....	95
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
7.1	Conclusiones.....	97
7.2	Recomendaciones .....	97

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## **PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Clasificación de bombas .....	15
2. Estado de los componentes del elevador.....	37
3. Catálogo de mangueras de presión.....	41
4. Selección de la manguera.....	41
5. Pruebas sin carga.....	63
6. Pruebas con carga.....	64
7. Mantenimiento anual.....	85
8. Resumen del mantenimiento .....	86
9. Diagnóstico de problemas .....	89
10. Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos.....	92
11. Materiales de construcción.....	93
12. Costo de mano de obra.....	94
13. Costos de equipos y herramientas .....	94
14. Costo de transporte.....	95
15. Costos indirectos .....	95

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Distribución de fuerzas en una prensa hidráulica.....	4
2 Componentes del cilindro de simple efecto .....	8
3 Simbología del cilindros de simple efecto .....	9
4 Componentes del cilindro de doble efecto .....	10
5 Símbolo del cilindro de doble efecto.....	10
6 Posiciones de las válvulas distribuidoras 2/2 .....	11
7 Descripción de la válvula 3/2 .....	11
8 Simbología de válvulas de bloqueo.....	12
9 Simbología de válvulas reguladoras de presión .....	13
10 Simbología de válvulas reguladoras de caudal .....	14
11 Bomba centrífuga.....	15
12 Bombas reciprocantes o alternativas .....	16
13 Elevador de 2 columnas electromecánico .....	18
14 Elevador de 2 columnas electrohidráulico .....	19
15 Elevadores de 4 columnas electromecánico.....	20
16 Elevadores de 4 columnas electrohidráulico.....	20
17 Tijeras dobles .....	22
18 Tijeras dobles con apoyos .....	22
19 Tijeras dobles .....	23
20 Bomba .....	27
21 Depósito .....	28
22 Manguera adsorción .....	28
23 Filtro.....	29
24 Mangueras .....	29
25 Acoples.....	30
26 Cilindro en mal estado .....	30
27 Retenedores .....	31
28 Válvula.....	32
29 Columnas .....	32
30 Poleas .....	33
31 Puente del elevador .....	33
32 Puente.....	34
33 Carros deslizantes.....	34
34 Contactores quemados .....	35
35 Contactor.....	35
36 Cableado.....	36
37 Pulsadores .....	36
38 Manguera de alta presión .....	39
39 Manguera de baja presión .....	39
40 Manguera de extrema presión .....	40
41 Acoples hidráulicos .....	42
42 Desmontaje de las mangueras hidráulicas.....	43
43 Acoples.....	43
44 Mangueras hidráulicas averiadas .....	44
45 Montaje de los cilindros .....	44
46 Acoples.....	44
47 Montaje de las mangueras hidráulicas .....	45
48 Ubicación .....	45
49 Preparación del piso .....	46
50 Medidas de la plataforma .....	47

51	Bases para las columnas .....	47
52	Sujeción de barrilla de hierro .....	48
53	Placa base .....	48
54	Preparación de mezcla .....	49
55	Colocación de la mezcla de conqueleo .....	49
56	Armadura de las columnas .....	49
57	Preparación de mezcla .....	50
58	Fundir .....	50
59	Compactando del piso .....	50
60	Colocación de la piedra .....	51
61	Colocación de la malla .....	51
62	Dosificación del concreto .....	52
63	Fundición de la plataforma .....	52
64	Masillado del contra piso .....	53
65	Colocación de la placa .....	53
66	Removedor de pintura .....	54
67	Lijar .....	54
68	Eliminación de partículas .....	55
69	Líquido desengrasante .....	55
70	Capa de imprimación .....	55
71	Pintado .....	56
72	Pintado de los brazos .....	56
73	Grasa en las columnas .....	57
74	Ubicar los cilindros hidráulicos .....	57
75	Deslizantes .....	57
76	Carros deslizantes .....	58
77	Posicionamiento de las columnas .....	58
78	Sujeción de las columnas .....	59
79	Ubicación del puente .....	59
80	Colocación de seguros .....	60
81	Manguera hidráulica con sus respectivos acoples .....	60
82	Cable de acero .....	61
83	Motor eléctrico, bomba y depósito .....	61
84	Aceite .....	62
85	Instalación eléctrica .....	62
86	Brazos .....	65
87	Mallado .....	65
88	Esfuerzos .....	66
89	Deformaciones .....	66
90	Factor de seguridad .....	67
91	Desplazamiento frente – tiempo .....	68
92	Advertencia .....	69
93	Leer el manual .....	71
94	Los puntos de elevación .....	72
95	Funcionamiento un elevador .....	72
96	Personal capacitado .....	73
97	Área de trabajo .....	73
98	El mantenimiento e inspección apropiados .....	74
99	Soporte de seguridad .....	74
100	Adaptadores auxiliares .....	75
101	Despeje el área de trabajo .....	75
102	Centro de gravedad .....	76
103	Manténgase alejado del elevador .....	76
104	Evite oscilación excesiva del vehículo .....	77
105	No anules los controles de cierre automáticos .....	77

106	Mantenga los pies de los alejados del elevador cuando baja .....	78
107	Extensores de altura .....	78
108	Accionamiento del seguro.....	79
109	Acción amientos de los dos seguros.....	79
110	Libere los seguros .....	80
111	Siempre sujete el cable.....	80

## SIMBOLOGÍA

T	Temperatura ambiente	°C
tn	Toneladas	Ton
A	Área	m <sup>2</sup>
V	Tensión eléctrica Voltaje	Voltio
Q	Caudal	G.p.m
F	Fuerza	N
P	Presión	MPa



## **LISTA DE ABREVIACIONES**

ISO	Organización Internacional de Normalización
CAD	Diseño asistido por computadora
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
DMDF	Departamento de Mantenimiento y Desarrollo Físico
HD	Antidesgaste

## **LISTA DE ANEXOS**

- A Permiso de construcción
- B Manual de usuario

## **LISTA DE PLANOS**

- 1 Plano de construcción

## RESUMEN

La repotenciación de un elevador de automóviles para la Escuela de Ingeniería Automotriz (EIA) tiene como finalidad dar a conocer el funcionamiento y los diferentes elementos que conforman un elevador, que permiten desarrollar conocimientos y destrezas que garanticen la solución de problemas que se presentan en el mantenimiento, brinda mayor comodidad y facilidad durante el trabajo de reparación y mantenimiento de vehículos.

Mediante diferentes técnicas de recopilación de información se pudo determinar las diferentes partes y piezas necesarias para el ensamble del elevador, que por estar de forma deteriorada se tuvo que remplazar dichos elementos. En el proceso de acoplamiento se procedió a ubicar y reemplazar todas las piezas deterioradas por las nuevas, según las recomendaciones del fabricante.

A través del programa de diseño mecánico asistido por computadora SolidWorks se realizó su respectiva simulación observando los distintos esfuerzos que pueden producir deformaciones, valores determinados en un máximo de 145 MPa, normal en 72 MPa, y mínimo en 0.27MPa, los elementos a sufrir mayores deformaciones son: los brazos del elevador por razón que es lugar donde soportan el mayor peso del vehículo.

Varias son las aplicaciones realizadas para lograr la repotenciación del elevador electro-hidráulico logrando tener una fiabilidad del 99% y quedando a punto para ser utilizado por el personal técnico del taller Automotriz, estudiantes y docentes de la EIA. También, se recomienda previo a su adecuado manejo conocer el manual de operación, el plan de mantenimiento preventivo del elevador, leer y tener muy en cuenta todas las medidas de seguridad para salvaguardar la integridad física de las personas.

## **ABSTRACT**

The repowering of an elevator car for the school of automotive engineering (EIA) aims to publicize the operation and the different elements that up an elevator that develop knowledge and skills to ensure the solution of problems encountered in the maintenance, provides comfort and ease during work repair and maintenance of vehicles.

Using different data collection techniques could determine the different parts and pieces necessary for assembly of the elevator, which was damaged so had to replace those items. In the coupling process proceeded to locate and replace any worn part with new ones, according to the manufacturer's recommendations.

Though mechanical computer-aided design program SolidWorks the respective simulation was performed by observing the various efforts that can produce deformations, values determined in a maximum of 145MPa, 72MPa, normal and minimum in 0.27MPa, the elements to suffer greater deformations are the arms of the elevator because that is where the greatest support vehicle weight.

Several applications are made to achieve the upgrading of the electro-hydraulic elevator managing to have a reliability of 99% and being ready to be used the Automotive Workshop staff, students and teacher of the EIA. It is recommended prior to the proper management of the elevator, make manual operation, the maintenance plan the elevator, read and take into account all the safety measures to protect the physical integrity of people.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

La Escuela de Ingeniería Automotriz, de la ESPOCH, ubicada en la ciudad de Riobamba, ofrece la carrera de Ingeniería Automotriz, la cual es relativamente nueva, pero que ya ha venido por algunos años proporcionando a la provincia y al país profesionales de alto nivel académico.

De la misma forma la escuela no puede dejar a un lado la parte práctica, que se ha venido implementando poco a poco con el pasar del tiempo, sin duda alguna esta parte es indispensable para todos los estudiantes de dicha carrera, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz.

Se ha visto como una necesidad urgente la: “RESTAURACIÓN DEL ELEVADOR HIDRÁULICO EN EL TALLER DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”, con el propósito de optimizar el desmontaje, montaje y análisis de los sistemas de un vehículo.

El elevador está diseñado para la elevación de vehículos de pequeño y mediano tonelaje en garajes y talleres de reparación. Se cuenta con un elevador en la bodega de la institución, para su adecuación en el taller y así facilitar las prácticas y trabajos que se vayan a realizar en el mismo.

En este proyecto se analizará y describirá la secuencia de pasos que son necesarios para la rehabilitación del elevador electro-hidráulico tipo dos columnas, todo esto basado en criterios ingenieriles para su adecuada realización, siendo muy indispensable para realizar prácticas de taller y mantenimientos preventivos y correctivos en los vehículos.

De esta manera los profesionales de la Escuela de Ingeniería Automotriz serán capaces de enfrentar cualquier problema que se presente, y dar un correcto diagnóstico de problemas en los vehículos.

## **1.2 Justificación técnica-económica**

La razón para la implantación de este proyecto es el de equipar los talleres de la Escuela de Ingeniería Automotriz con este elevador que permitirán facilitar los trabajos y así se logrará mejorar el aprendizaje y motivar la producción nacional mediante un elevado proceso de investigación que permita desarrollar estrategias para la elaboración del trabajo.

Se ha optado por restaurar el elevador electro-hidráulico en el taller de la escuela de ingeniería automotriz por que la adquisición de este elevador de columnas actualmente resulta extremadamente costosa, por motivos económicos institucionales se ha decidido rehabilitar y realizar un mantenimiento del elevador electro-hidráulico, en un espacio adecuado para este tipo de maquinaria.

En conclusión este proyecto de tesis cumple con muchos requerimientos, constituyéndose en una herramienta útil para mejorar el aprendizaje y las destrezas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Repotenciar un elevador electro-hidráulico tipo dos columnas, para la implementación en el taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Conocer y estudiar su principio de funcionamiento de los diferentes elevadores en el mercado nacional y su aplicación en el campo automotriz.

Evaluar el estado del elevador para determinar las posibles soluciones requeridas para su correcto funcionamiento.

Repotenciar e implementar el elevador electro-hidráulico en el taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Realizar un plan de mantenimiento y manual de operación para el elevador electro-hidráulico, con sus respectivas medidas de seguridad.



## CAPÍTULO II

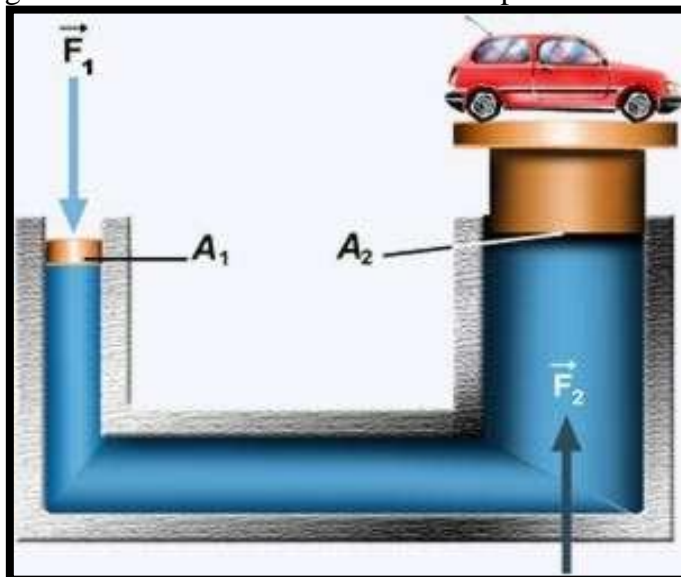
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Principio de funcionamiento

La potencia del elevador se rectificará tomando como base el funcionamiento de la prensa hidráulica, con una correcta selección y diseño que constituyen la estructura del elevador. (LINCON, 2002 págs. 25-26).

El elevador es una estructura metálica que utiliza la geometría y funcionamiento de las columnas, para aumentar el torque mediante la fuerza que será aplicada por dos cilindros hidráulicos (la distancia que será un factor a calcular dependiendo el peso requerido para el elevador).

Figura 1. Distribución de fuerzas en una prensa hidráulica



Fuente: [http://www.portalplanetasedna.com.ar/archivos\\_varios/tres\\_principios04a.jpg](http://www.portalplanetasedna.com.ar/archivos_varios/tres_principios04a.jpg)

La bomba sería el aplicador de la fuerza que permitiría levantar el vehículo en el caso del elevador. Para el funcionamiento del elevador se utiliza un fluido incomprensible siendo este el agente transmisor de la fuerza, las mangueras por donde recorre fluido debe ser de alta presión por la fuerza que ejerce en si la bomba mecánica de fluidos.

Una de las asignaturas importantes de la ingeniería, es la parte hidráulica conocida como mecánica de fluidos. La cual permite la elaboración y construcción de circuitos en donde se puede utilizar la máxima capacidad de los líquidos, tomando muy en cuenta el principio de Pascal (FAY, 2003 pág. 176).

**2.1.1 Fluidos incompresibles.** En un fluido incompresible, la densidad siempre permanece constante con el tiempo, y tiene la capacidad de oponerse a la compresión del mismo bajo cualquier condición.

Por esta razón, para simplificar las ecuaciones de la mecánica de fluidos, se considera que los líquidos son incompresibles. Esto significa que la densidad de tal fluido se supone constante.

$$\rho = \rho_0 = \text{constante}$$

La densidad se utiliza para determinar si un fluido es incompresible o compresible. Si la densidad del fluido es fija (constante), el fluido es incompresible; esto quiere decir que ni la masa ni el volumen del fluido puede cambiar.

El agua es un fluido casi incompresible. Es decir, que la cantidad de volumen y la cantidad de masa permanecerán prácticamente iguales, aún bajo presión. Un fluido con muchas moléculas muy juntas unas de otras tiene una densidad alta; uno que tiene pocas moléculas y muy separadas, tendría una densidad más baja.

**2.1.2 Fluidos compresibles.** Todos los fluidos son compresibles, incluyendo los líquidos. Cuando estos cambios de volumen son demasiado grandes se opta por considerar el flujo como compresible (que muestran una variación significativa de la densidad como resultado de fluir), esto sucede cuando la velocidad del flujo es cercano a la velocidad del sonido.

La compresibilidad de un flujo es básicamente una medida en el cambio de la densidad los gases son en general muy compresibles, en cambio, la mayoría de los líquidos tienen una compresibilidad muy baja.

Por ejemplo, una presión de 500 kPa provoca un cambio de densidad en el agua a temperatura ambiente de solamente 0.024%, en cambio esta misma presión aplicada al aire provoca un cambio de densidad de 250%.

Por esto normalmente al estudio de los flujos compresibles se le conoce como dinámica de gases, siendo esta una nueva rama de la mecánica de fluidos, la cual describe estos flujos.

**2.1.3 Principio de Pascal.** La presión ejercida por un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables, se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

El principio de Pascal puede ser interpretado como una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática el cual es del carácter altamente incompresible de los líquidos. En esta clase de fluidos la densidad es prácticamente constante, de modo que de acuerdo con la ecuación.

$$p = p_o + \rho gh \quad (1)$$

Dónde:

- $p$  Presión total a la profundidad deseada.
- $p_o$  Presión sobre la superficie libre del fluido.
- $\rho$  Densidad del fluido.
- $g$  Aceleración de la gravedad.
- $h$  Altura, medida en metros.

Si se aumenta la presión sobre la superficie libre, la presión total en el fondo ha de aumentar en la misma medida, ya que el término ( $\rho$ ,  $g$ ,  $h$ ) no varía, al no hacerlo la presión total (obviamente si el fluido fuera compresible, la densidad del fluido respondería a los cambios de presión y el principio de Pascal no podría cumplirse).

El principio de Pascal fundamenta el funcionamiento de las genéricamente llamadas maquinas hidráulicas como son: la prensa, el gato, el freno, el ascensor y para nosotros el elevador (FAY, 2003 pág. 178).

El recipiente lleno de líquido de la Fig. (1) consta de dos cuellos de diferente sección cerrados con sendos tapones ajustados y capaces de desplazarse libremente dentro de los cilindros. Si se ejerce una fuerza ( $F_1$ ) sobre el pistón pequeño, la presión ejercida se transmite, tal como lo observó Pascal, a todos los puntos del fluido dentro del recinto y produce fuerzas perpendiculares a las paredes.

En particular, la porción de pared representada por el pistón grande ( $A_2$ ) siente una fuerza ( $F_2$ ) de manera que mientras el pistón pequeño baja, el grande sube. La presión sobre los pistones es la misma, no así la fuerza.

$$P=F/A \quad (2)$$

$$P_1 = P_2 \text{ (La presión interna es la misma para todos los puntos)}$$

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

$$F_2 = F_1 \cdot (A_2/A_1)$$

La relación  $A_2/A_1$  Permite obtener mayor fuerza ( $F_2$ ).

Por ejemplo, la superficie del pistón grande es cuatro veces del pequeño, entonces el módulo de la fuerza obtenida en el será el cuádruple de la fuerza ejercida en el pequeño.

La prensa hidráulica, al igual que las palancas mecánicas, no multiplica la energía. El volumen de líquido desplazado por el pistón pequeño se distribuye en una capa delgada en el pistón grande, de modo que el producto de la fuerza por el desplazamiento (el trabajo) es igual en ambas ramas.

**“La presión en un punto de un fluido en reposo es igual en todas las direcciones”**

El elevador electro hidráulico de tipo dos columnas debe constar de los siguientes partes:

- Cilindros.
- Aceite hidráulico.
- Motor eléctrico.
- Bomba.
- Manguera.

## 2.2 Elementos hidráulicos

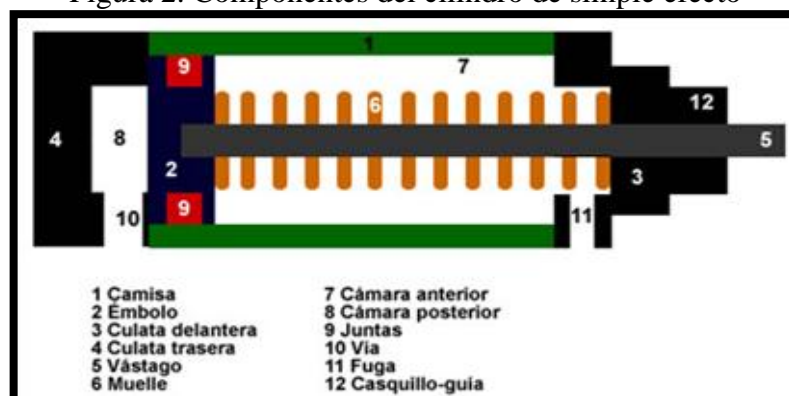
**2.2.1 Cilindros hidráulicos.** Son elementos capaces de producir trabajo desplazando una carga con movimiento rectilíneo. En los cilindros se aloja en su interior un émbolo que es empujado por el fluido haciendo que se desplace el vástago. Hay varios tipos de cilindros, los más importantes son los cilindros de simple efecto y los de doble efecto.

**2.2.2 Cilindros de simple efecto.** Estos cilindros tienen una sola conexión de fluido. El trabajo se produce en una sola dirección del movimiento. Un resorte o muelle permite retroceder el émbolo a su posición inicial.

Para evitar fugas de fluido entre el pistón y la camisa, se colocan juntas de estanqueidad sobre el pistón y su vástago, estas juntas son de un material flexible (cauchos) que se adapta a las paredes de la camisa, evitando las fugas llamadas también retenedores.

Solo se utilizan cuando la fuerza necesaria y el movimiento rectilíneo son pequeños ya que el muelle restringe el movimiento. Es recomendable que la carrera no exceda en tres veces el diámetro.

Figura 2. Componentes del cilindro de simple efecto



Fuente: <http://sitioniche.nichese.com/neumaticagif/cilindro-simple-bis.jpg>

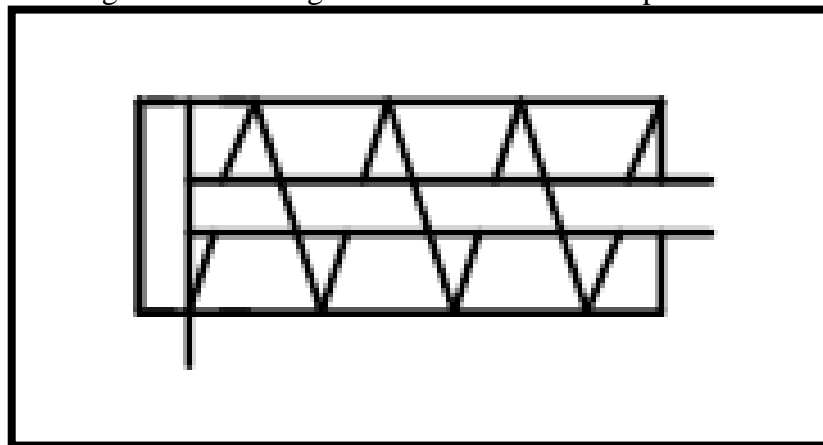
### Funcionamiento básico del cilindro de simple efecto:

Cuando ingresa el fluido con una cierta fuerza por la vía (10), se llena de fluido la cámara posterior (8), el muelle se contrae (6) expulsando el aire atmosférico por el orificio de fuga (11) y desplazando el vástago o pistón (5).

Existen ventajas y desventajas en el uso de este cilindro, por este motivo es aconsejable conocerlo.

Por una parte, si lo comparamos con otro cilindro de doble efecto que disponga de las mismas características, su consumo es de la mitad. Pero por otra parte, al tener un muelle en su interior, el vástago no puede realizar recorridos superiores a los 110 mm.

Figura 3. Simbología de los cilindros de simple efecto



Fuente: Autores

**2.2.3 Cilindros de doble efecto.** En los cilindros de doble efecto, el trabajo se realiza en las dos direcciones.

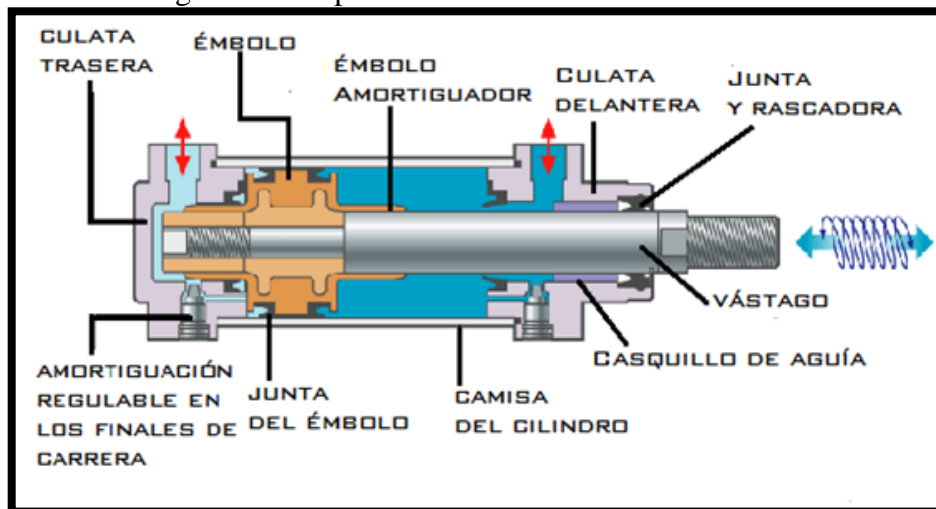
Permiten realizar mayores carreras además de posicionar el vástago en cualquier posición intermedia.

El área de la cara posterior es menor que la de la cara frontal, luego para una misma presión las fuerzas serán diferentes debido a la diferencia entre áreas. Para evitar este problema se construyen los cilindros de doble efecto y doble vástago.

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial.

En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

Figura 4. Componentes del cilindro de doble efecto

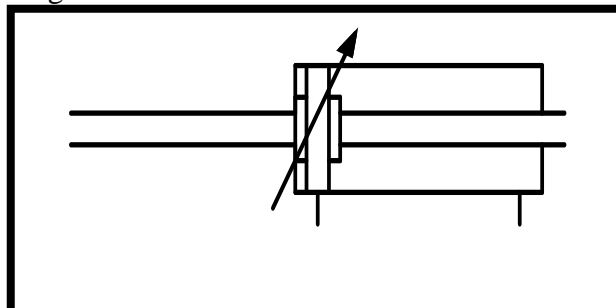


Fuente: [http://neumaticahidraulicaenlinea.wikispaces.com/file/view/Doble\\_efecto.png/313447054/Doble\\_efecto.png](http://neumaticahidraulicaenlinea.wikispaces.com/file/view/Doble_efecto.png/313447054/Doble_efecto.png)

Existen ventajas y desventajas en el uso de este cilindro, por este motivo es aconsejable conocerlo.

El cilindro de doble efecto consta con muelle de retorno incorporado, permite realizar trabajos en los dos sentidos, no se pierde fuerza para dejar de comprimir al muelle, no se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.

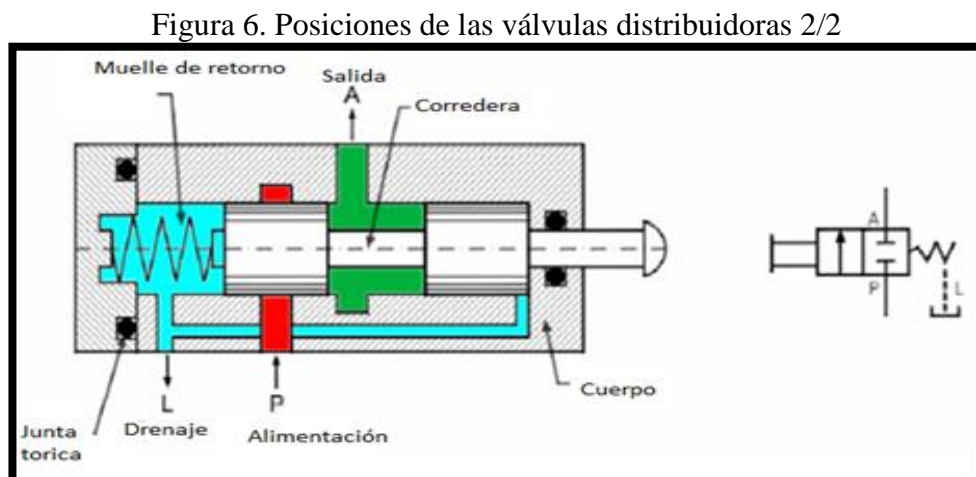
Figura 5. Símbolo del cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

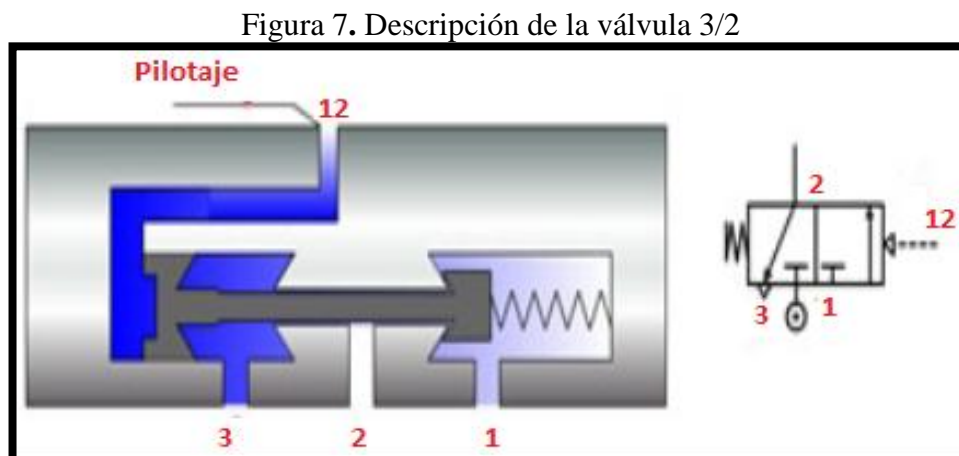
**2.2.4 Accesorios hidráulicos.** Sirven para transmitir y controlar potencia a través de los líquidos a presión, se requiere un conjunto de componentes interconectados. Se refiere comúnmente al conjunto como sistema, el número y el conjunto de componentes varían de sistema a sistema, dependiendo del uso particular.

**2.2.5 Válvulas distribuidoras 2/2.** Gobiernan el paso del fluido abriendo o cortando se emplean para abrir y cerrar circuitos hidráulicos (VALLECILLA, 2004 pág. 26).



Fuente: [http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/\\_asignaturas/maquinas\\_hidraulicas\\_organizacion/05\\_VDs.pdf](http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/docencia/_asignaturas/maquinas_hidraulicas_organizacion/05_VDs.pdf)

**2.2.6 Válvulas distribuidoras 3/2.** Se utilizan para accionar cilindros de simple efecto la figura 7 muestra una válvula de corredera de tres vías (orificios 1,2 y 3) y dos posiciones: vía de presión (1) cerrada y vía de utilización (2), comunicada con el escape (3) o vía (1) comunicada con (2 y 3) cerrada.



Fuente: <http://sitioniche.com/valvula%20distribuidora.html>



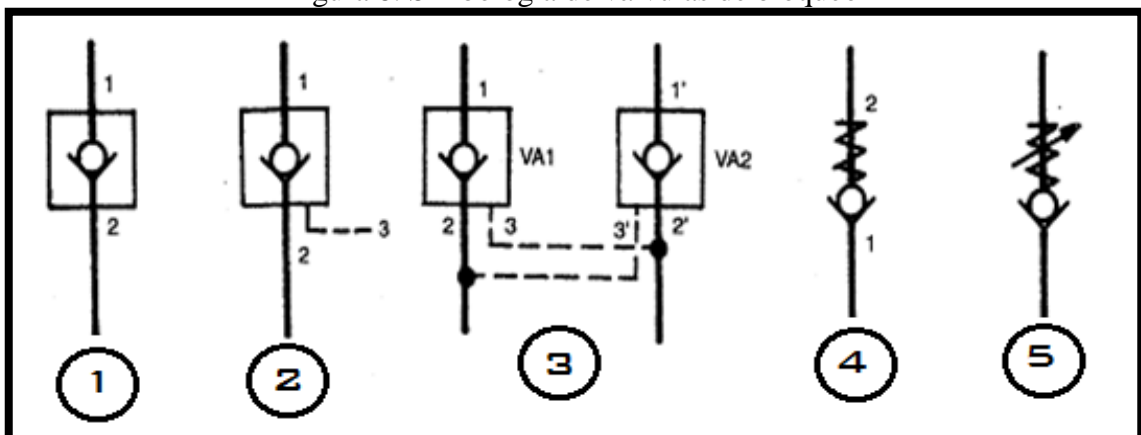
En esta válvula ya no cabe hablar de posición de reposo, ya que puede adoptar de forma estable cualquiera de las posiciones cuando la válvula se encuentra sin conectar al circuito.

Estas válvulas que no tienen muelle de reposición se denominan bi estables, de memoria o de impulsos. Bi estables: porque pueden ocupar cualquiera de las posiciones en la situación de reposo de la válvula. De memoria: porque retienen la posición adquirida por la última orden recibida. De impulso: porque basta con un impulso (manual, mecánico, eléctrico, hidráulico o neumático) para adquirir y mantener la posición obtenida con la orden dada.

Las válvulas 3/2 se utilizan en aquellas aplicaciones en las que se requiera gobernar el flujo hidráulico en una sola tubería, como el gobierno de cilindros de simple efecto o el gobierno del pilotaje neumático de válvulas.

Válvulas de Antiretorno o bloqueo. Las válvulas de bloqueo o antiretorno impiden el paso de fluido a presión en un sentido y le dejan pasar en el otro. Se emplea para evitar el retorno del líquido del sistema hidráulico (o del aire en un sistema neumático) a la bomba hidráulica (o al depósito de aire comprimido). Estas válvulas están intercaladas en el circuito y constan de un muelle que está calibrado a una cierta tensión que empuja a una bola o un disco contra un asiento cónico. Cuando la presión del fluido supera la fuerza del muelle, la bola se separa del asiento cónico y el fluido circula.

Figura 8. Simbología de válvulas de bloqueo



Fuente: <http://sitioniche.nichese.com/limitadora-hidra2.html>

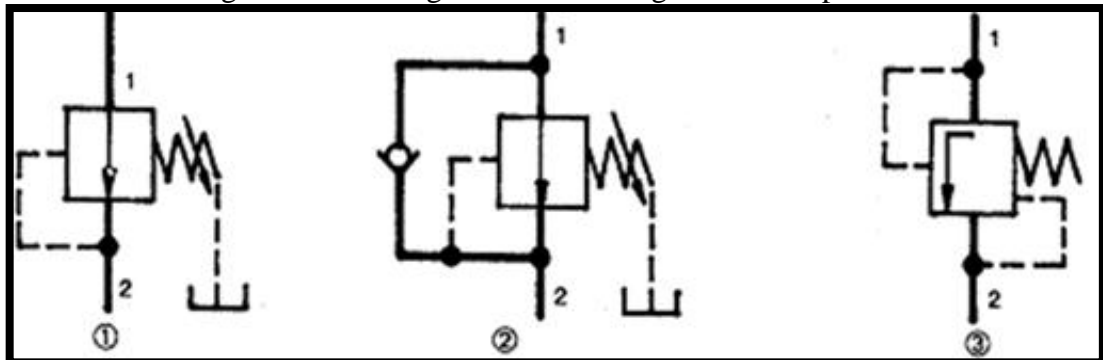
Significado de las figuras:

1. Fluido en el sentido 2-1. Se corta su paso al venir o regresar por uno.
2. Fluido en el sentido 2-1. Se puede abrir paso por 3.
3. Dos válvulas anti retornos conectadas entre sí utilizadas en pequeños circuitos hidráulicos que permiten su paso por medio de 3 y 3' de 1-2' y de 1'-2.
4. Válvula de bloqueo con presión límite dada que permite el paso del fluido de 1-2 más no de 2-1. El flujo 1-2 se logra venciendo la fuerza de bloqueo.
5. Válvula de bloqueo con presión límite regulada manualmente.

**2.2.7 Válvulas reguladoras de presión.** Las válvulas limitan la presión máxima del circuito. Se basa en el equilibrio entre la presión y la fuerza del muelle.

Se utilizan en todos los circuitos hidráulicos y neumáticos como sistema de seguridad; se trata a un valor predeterminado y desvían el caudal hacia retorno cuando se alcanza el valor de presión estipulado.

Figura 9. Simbología de válvulas reguladoras de presión



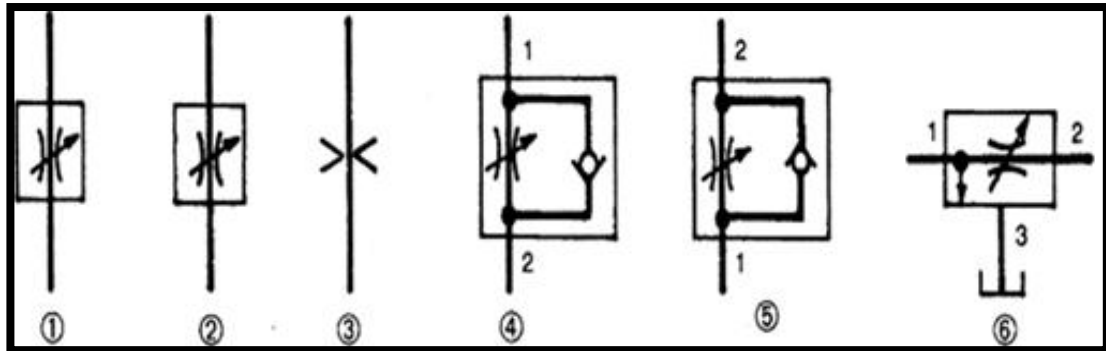
Fuente: <http://sitioniche.nichese.com/valvula%20regulacion.html>

Significado de las figuras:

1. Símbolo general de una válvula reductora de presión. Permite regular la presión a utilizarse.
2. Válvula reductora de presión de una sola vía.
3. Válvula reductora de presión que funciona de forma diferencial entre las presiones de 1 a 2.

**2.2.8 Válvulas reguladoras de caudal.** Este tipo de válvula se utiliza como reguladoras de caudal. La aplicación más común es para regular la velocidad de salida del vástago de un cilindro.

Figura 10. Simbología de válvulas reguladoras de caudal



Fuente: <http://www.eointernacional.com./html/perifcen011.htm>

Significado de las figuras:

1. Símbolo general del regulador de caudal.
2. Regulador de caudal con regulación posible.
3. Reducción de la tubería en un caso dado para la reducción de caudal en un punto específico.
4. Regulador de caudal de 2 – 1 en una dirección.
5. Regulador de caudal unidireccional.
6. Regulador de caudal de 1 – 2 con descarga del flujo en la vía tres.

## 2.3 Bombas

Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía mecánica con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos.

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: presión última, presión de proceso, velocidad de bombeo, tipo de gases a bombear (la eficiencia de cada bomba varía según el tipo de gas).

Tabla 1. Clasificación de bombas

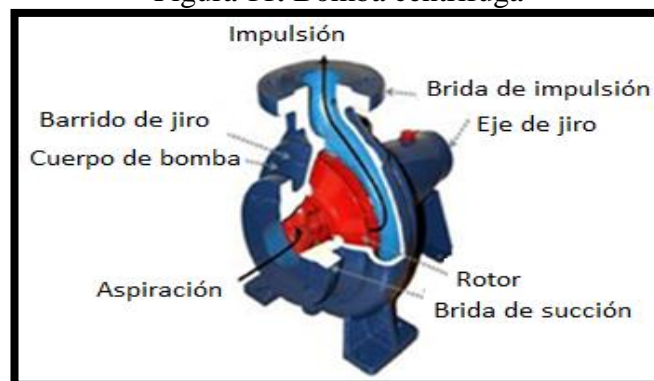
Bombas	Clase	Tipo
Roto dinámicas	Centrífugas y periféricas	Voluta Difusor Turbina regenerativa Turbina vertical Flujo mixto Flujo axial
Desplazamiento positivo	Rotatorias	Engranaje Álabe Leva y pistón Tornillo Lóbulo Bloque de vaivén
	Reciprocantes	Acción directa Potencia Diafragma Rotatoria pistón

Fuente: Autores

**2.3.1 Bombas centrífugas.** Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor rotatorio llamado rodete en energía cinética y potencial requeridas (ALVAREZ, 2003 págs. 241-242).

El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos alabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las vías en forma de tubos de salida o hacia el siguiente rodete que será la siguiente etapa (VALLECILLA, 2004 pág. 9).

Figura 11. Bomba centrífuga



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_centric3%ADfuga#mediaviewer/Archivo:\\_Bomba\\_centrifuga.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_centric3%ADfuga#mediaviewer/Archivo:_Bomba_centrifuga.jpg)

**2.3.2 Bombas rotatorias.** Produce caudal al transportar el fluido entre los dientes de dos engranajes acoplados. Uno de ellos es accionado por el eje motriz de la bomba, y este hace girar al eje libre.

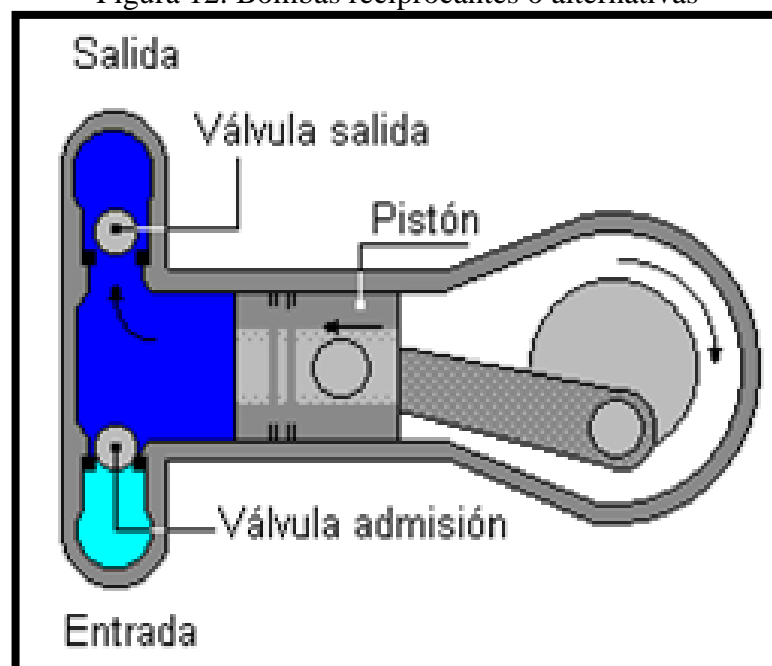
**2.3.3 Bombas reciprocantes o alternativas.** Las bombas alternativas o recíprocas son también unidades de desplazamiento positivo descargan una cantidad definida de líquido durante el movimiento del pistón o émbolo a través de la distancia de carrera.

En este tipo de bombas el fluido se desplaza mediante movimiento alternativo; al moverse en un sentido succiona y en el sentido inverso expulsa.

El flujo de descarga de las bombas centrífugas y de la mayor parte de las bombas rotatorias es continuo. Pero en las bombas alternativas el flujo pulsa, esto puede reducirse con una cámara colchón o pulmón regulador.

Igual que otras bombas, las bombas alternativas no succionan los líquidos. Reducen solamente la presión en la cámara de succión y la presión externa, generalmente la atmosférica, empuja el líquido en la bomba potencia.

Figura 12. Bombas reciprocantes o alternativas



Fuente: <http://cucobooms.wordpress.com/about/>

## **2.4 Vigas de soporte**

La viga es un elemento estructural diseñado para soportar cargas aplicadas en varios puntos (cargas concentradas) o distribuidas a lo largo del elemento. En la mayoría de los casos, las cargas son perpendiculares al eje de la viga y únicamente ocasionarán corte y flexión. El diseño de una viga para que soporte de manera más efectiva las cargas aplicadas involucra dos aspectos.

1. Determinar las fuerzas cortantes y momentos flectores.
2. Seleccionar la sección transversal.

**2.4.1 Tipos de apoyo.** Encontramos cuatro tipos de apoyos, tales como:

- Viga simplemente apoyada.
- Viga con voladizo.
- Viga con empotramiento.
- Viga con rodillo.

**2.4.2 Fuerza cortante.** Las fuerzas cortantes son fuerzas internas que se generan en el material de una viga para equilibrar las fuerzas aplicadas externamente y para garantizar el equilibrio en todas sus partes. (SHIGLEY, 2004 pág. 832).

**2.4.3 Momento flexionante o flector.** Es producido en las vigas aplicando cargas perpendiculares a la viga. Debido a los momentos flexionantes la viga asume una figura curvada o flexionada, tomando en cuenta que la fuerza puede ser aplicada en cualquier parte de la viga, no necesariamente en su inicio o final.

## **2.5 Elevadores**

Un elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad. Se

instalan fundamentalmente dos tipos, el ascensor electromecánico y el ascensor hidráulico, más propiamente llamado “Oleodinámico”.

## 2.6 Tipos

Dentro de todos los tipos existentes en el medio, los más aplicados en la industria mecánica y automotriz son:

- 2 columnas electromecánico y 2 columnas electrohidráulico.
- 4 columnas electromecánico y 4 columnas electrohidráulico.
- Tijera.
- Baja altura.
- Serie 600-610-640.

**2.6.1 Elevador de 2 columnas electromecánico.** Este sistema garantiza máxima seguridad de trabajo. Mayor duración y reduce al mínimo las intervenciones de mantenimiento, ya que la lubricación de sus husillos es automática. Un dispositivo de seguridad mecánico impide la elevación de la carga en caso del desgaste total de las tuercas portantes (capacidad de elevación 2.5 toneladas).

Figura 13. Elevador de 2 columnas electromecánico



Fuente: [http://www.bartolisrl.com/herramientas/\\_derived/ELEV2COL.HTM\\_txt\\_kps305-306.gif](http://www.bartolisrl.com/herramientas/_derived/ELEV2COL.HTM_txt_kps305-306.gif)

Las peculiares posibilidades de regulación y posicionamiento de los brazos facilitan la correcta elevación de todos los coches. Los mecánicos más altos pueden trabajar mejor gracias a la notable altura de elevación (2050 mm).

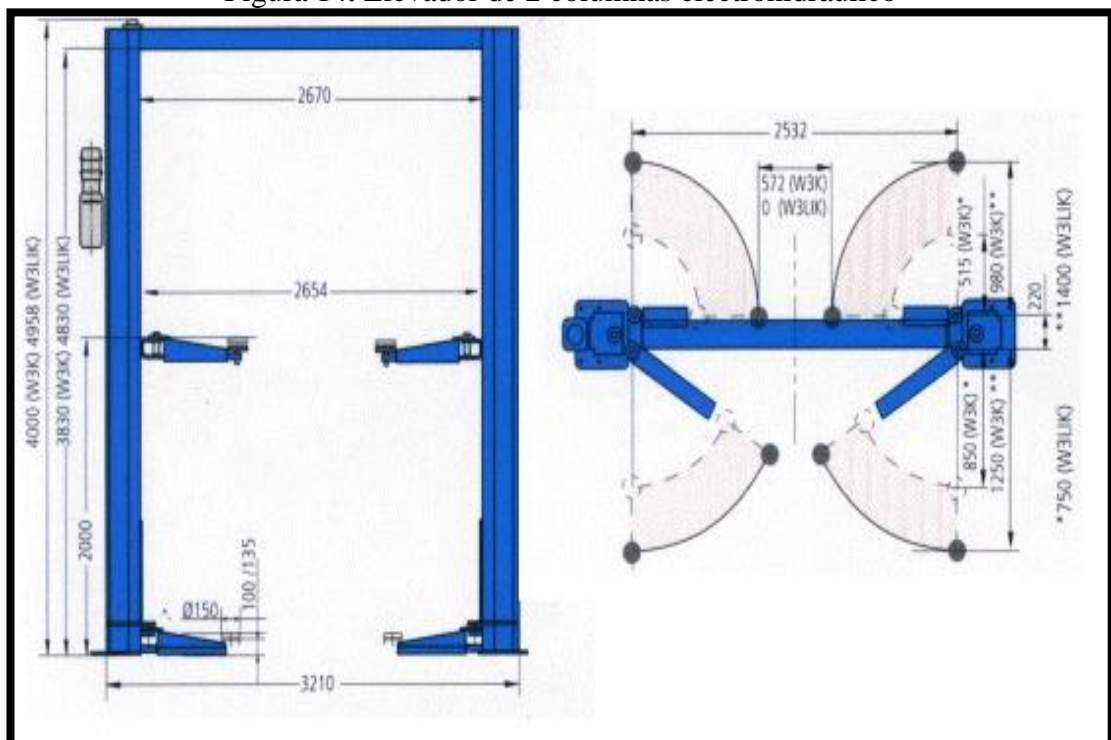
C<sub>2</sub>: Brazos cortos de una extensión.

C<sub>3</sub>: Brazos cortos de doble extensión.

Transmisión a cadena de alta resistencia pre-regulada, con dispositivo de seguridad que controla la tensión de la misma.

**2.6.2** *Elevador de 2 columnas electrohidráulico.* Dispositivo de apoyo mecánico de funcionamiento automático y desbloqueo neumático como garantía de la máxima seguridad en la fase de estacionamiento. Posee válvulas de seguridad contra la sobrecarga y la rotura de los tubos hidráulicos, al igual que válvulas de control de la velocidad de descenso (capacidad de elevación 4 toneladas).

Figura 14. Elevador de 2 columnas electrohidráulico



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/IMAGES/elev-KPN-374-1.gif>

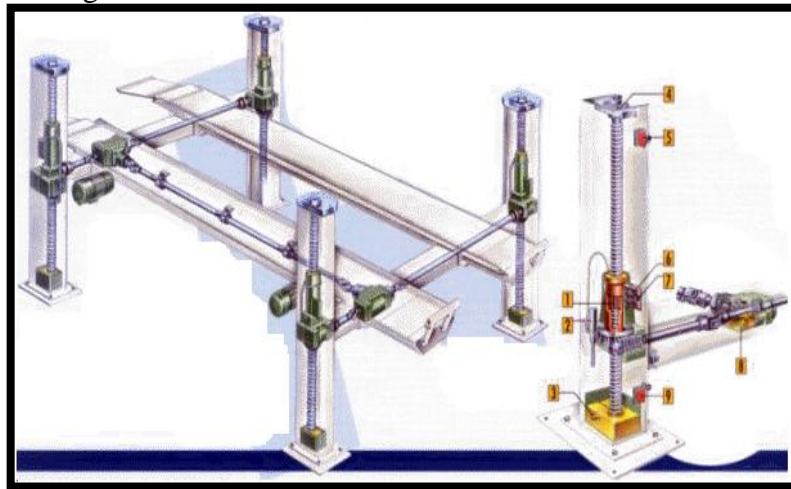
**2.6.3** *Elevadores de 4 columnas electromecánico.* Elevadores de 4 columnas diseñados y realizados con el sistema tradicional de elevación completamente



electromecánico. Responden a precisos cálculos estructurales para aportar mayor seguridad en el trabajo y garantizan una larga duración.

Las características innovadoras de la tecnología empleada y las prestaciones de trabajo cumplen con todas las necesidades de servicio para la inspección, reparación y mantenimiento de vehículos comerciales e industriales (capacidad de elevación 4 toneladas).

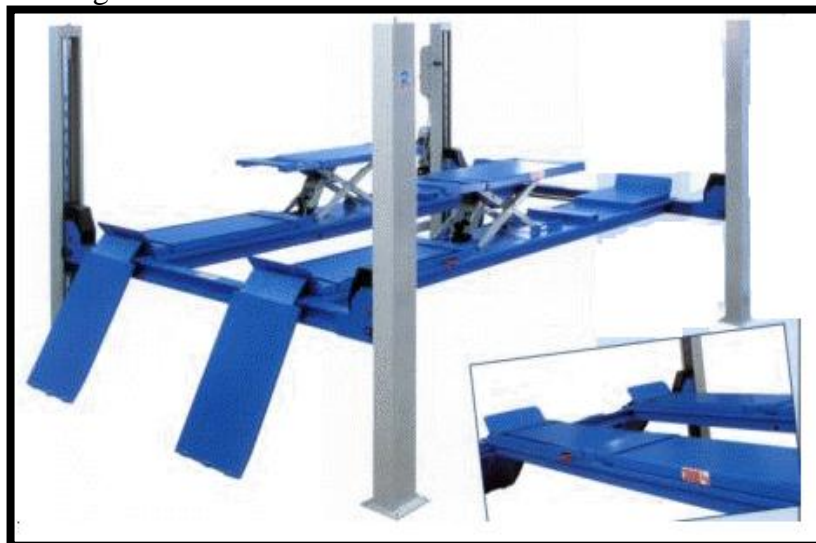
Figura 15. Elevadores de 4 columnas electromecánico



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/IMAGES/elev4col1planos.gif>

**2.6.4** *Elevadores de 4 columnas electrohidráulico.* Capacidad de elevación 4.5 y toneladas.

Figura 16. Elevadores de 4 columnas electrohidráulico



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/IMAGES/elev4col.gif>

## **Características principales**

- Plataformas con carril regulable.
- Pistón de elevación completamente protegido al interior de la plataforma fija.
- Poleas de gran diámetro con casquillos auto lubricantes exentos de mantenimiento.
- Dispositivo de seguridad mecánico, hidráulico y eléctrico conformes a las Normas Europeas.
- Dispositivos de apoyo mecánico (cada 100 mm de recorrido) para no dejar el peso sobre los cables en las fases de trabajo.
- Dispositivo contra caída con intervención inmediata en caso de rotura de un cable de acero.
- Instalación eléctrica con circuito de mando de baja tensión (24 V).
- Dispositivo de señalización acústica en la parte final del movimiento de bajada.

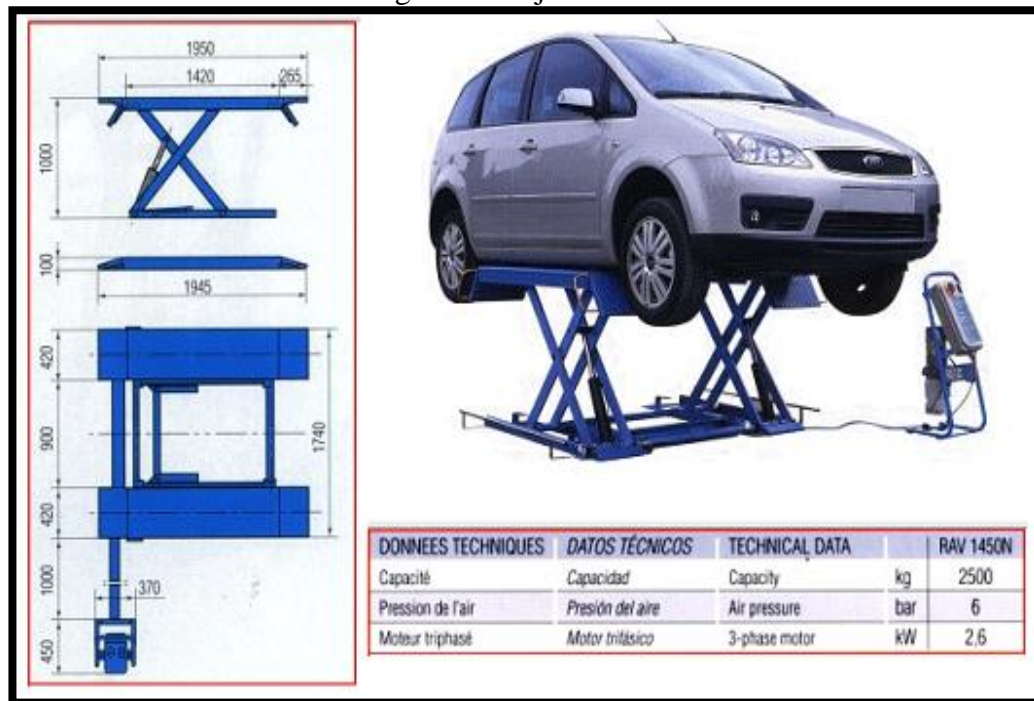
## **2.7 Elevadores de tijeras**

**2.7.1** *Elevadores de tijeras de baja altura.* Elevador ideal para servicio de neumáticos, frenos, amortiguación y carrocería. El funcionamiento electrohidráulico, con notable reducción del tiempo de ciclo, junto a su altura máxima y capacidad de carga, caracterizan este elevador de la última generación, garantizando al usuario la máxima seguridad, utilidad y comodidad de uso (Capacidad de elevación 2.5 toneladas).

- Sincronización mecánica de los movimientos de las peanas independientemente de la repartición de carga.
- Pernos de articulación con casquillos autolubricantes que no necesitan mantenimiento alguno.

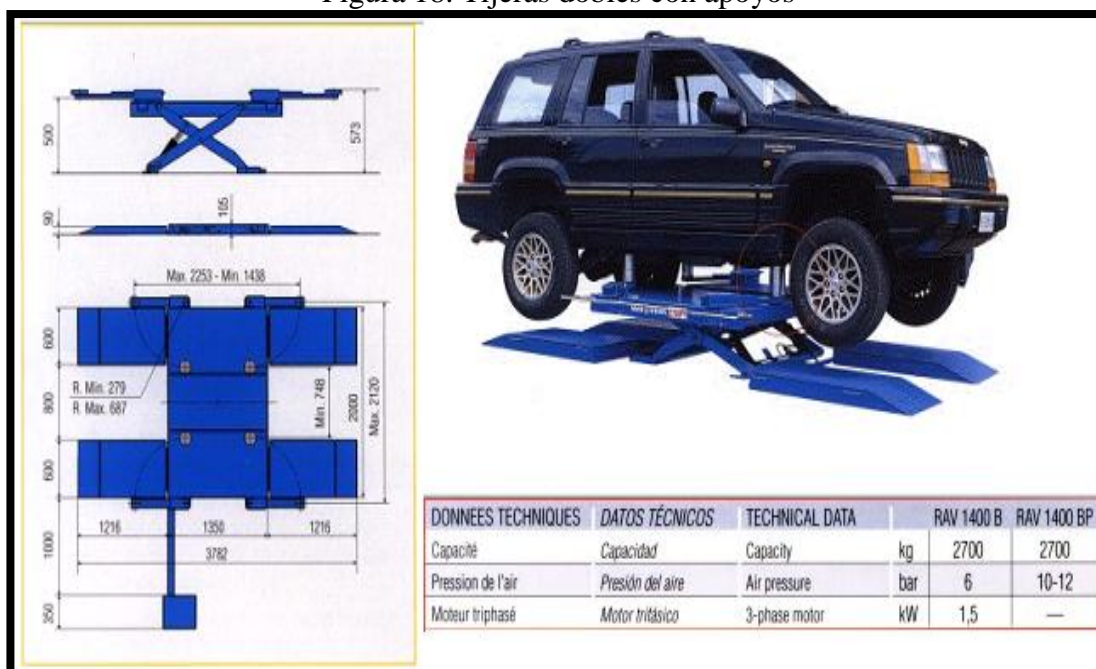
- Elevador para talleres, de fácil instalación y empleo.
- Posee válvula de máxima presión que elimina el riesgo de sobrecargas.

Figura 17. Tijeras dobles



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/IMAGES/tijbajaaltura.gif>

Figura 18. Tijeras dobles con apoyos



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/IMAGES/tijbajaaltura4.gif>

**2.7.2** *Elevadores de tijeras de serie 600 – 610 – 640.* Todos los modelos están disponibles en las versiones para instalación sobre suelo o empotrado (enterrado), con o sin elevador auxiliar integrado en las plataformas. (Capacidad de elevación 4.5 toneladas).

Figura 19. Tijeras dobles



Fuente: <http://www.bartolisrl.com/images/elevtijera600.jpg>

### **Características principales**

- Ausencia de conexiones mecánicas entre las plataformas (máxima operatividad en el área de trabajo).
- Sincronización hidráulica de los movimientos de las plataformas independientemente del reparto de carga, con dispositivo de autorregulación patentado.
- Pernos de articulación con casquillos auto lubricantes que no requieren mantenimiento alguno. (SANCHEZ, 2011).

## **2.8 Ventajas y desventajas**

En elevador electro-hidráulico encontramos ventajas como también desventajas como detallamos a continuación.

**2.8.1** *Ventajas elevador hidráulico.* Consumos de corriente muy bajos, producciones en 110 V y 220 V incluso para particulares. Picos de corriente apenas nulos.

Grandes capacidades de peso, éstos elevadores hidráulicos se fabrican con sistemas hidráulicos preparados para trabajar con pesos superiores a los 3.000 kg sin que esto reporte ningún esfuerzo al sistema hidráulico ya que se suelen emplear hidráulicos y bombas capaces de ejercer desde 20 hasta 60 toneladas. Es por esto que ascender un vehículo europeo de 800 kg a un camión de 4.500 kg, hace que el elevador se comporte exactamente igual sin que sea carga alguna para el sistema hidráulico. En este caso, la diferencia, se marcaba en la estructura, que es la que determinaba para cuantos kg estaba construido.

- Las fuerzas en el sistema hidráulico son regulares de manera continua.
- El sistema hidráulico puede llegar hasta su total parada, evitando que sufra sobrecargas o tendencia a cambios de temperatura (calentamientos).
- Los elementos hidráulicos son reversibles, esto quiere decir que se los pueden frenar mientras se encuentran en marcha.
- Este tipo de sistema debido a que su fluido interno (aceite) produce una flexibilidad ya que se adapta a las tuberías y su fuerza es transmitido como una barra de acero.

**Estructuras muy robustas**, ya que los elevadores hidráulicos se montaban o montan con sistemas hidráulicos capaces de mover grandes pesos comprendidos en toneladas, la estructura de estos se desarrollaba de forma muy robusta, marcando grandes diferencias de los elevadores eléctricos o de tornillo.

Estos estaban diseñados para atender los vehículos fabricados en América o Latino América, ya que tendían a ser mucho más grandes y pesados, en especial el sector industrial.

No averías o incidencias, al no estar equipados de sistemas de distribución basados en tornillos sin fin, piñones y cadenas, éstos no tenían elementos de desgaste físicos, por lo tanto la probabilidad de que un elemento del circuito hidráulico fallase por desgaste era muy baja, a no ser que fuese por causas de factor humano como cortes inesperados en las mangueras de presión.

Normalmente, el funcionamiento de un elevador hidráulico se compone de su motor (parte eléctrica, bomba y depósito) junto su circuito de líquido hidráulico (manguitos)

seguridades por bloqueos físicos, todos los elevadores hidráulicos se componen de una serie de bloqueos, los cuales se accionan de forma física, bien sea manual o automática, el cual hace que en la posición con el bloqueo activado, sea imposible que la carga, descienda una sola décima ya sea en 1 día como en 30 años porque la última posición en la que se encuentra el vehículo o la carga en ese momento está bloqueada por un sistema de bloqueos los cuales se activan con el mismo peso. Esto hace que el propio peso, sea el que no deje que este bloqueo se pueda desbloquear a no ser que se reanude el proceso de ascenso unos cm mediante accionamiento de la bomba hidráulica.

**En el momento que se encuentre en su postura bloqueada**, es indiferente que pierda presión hidráulica, que se corte una manguera perdiendo todo el aceite hidráulico del circuito o que se rompa el motor.

No requiere de consumo eléctrico para el descenso, en todos los elevadores hidráulicos, el descenso, es por medio de descarga de presión hidráulica, lo cual facilita una descarga controlada en todo momento, y evita tanto el uso eléctrico porque no requiere del motor o cualquier elemento eléctrico como en el caso de una avería eléctrica.

**2.8.2 Desventaja elevador hidráulico.** Revisión obligatoria de tornillería de sujeción, esto se convierte en un factor totalmente indispensable para la seguridad del trabajador o persona que está alrededor del elevador, ya que normalmente estos elevadores están contruidos para trabajar con pesos muchos mayores a los elevadores eléctricos o de tornillo.

- En los sistemas hidráulicos la velocidad con que estos funcionan es baja.
- En el momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento, es un poco tediosa ya que al momento de manipular el lubricante, los aparatos y tuberías se tiene mucha dificultad.
- El mantenimiento debe ser extremadamente riguroso.
- En este tipo de sistemas el costo de los materiales es elevado.

**2.8.3 Transmisión de potencia.** Puesto que un fluido prácticamente es incompresible, un sistema hidráulico lleno de fluido puede producir potencia hidráulica instantánea de un área a otra. Sin embargo, esto no significa que todos los fluidos hidráulicos sean iguales

y transmitan potencia con la misma eficiencia. Para escoger el fluido hidráulico correcto, se deben tener en cuenta el tipo de aplicación y las condiciones de operación en las que funcionará el sistema hidráulico.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DEL ESTADO TÉCNICO DEL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO

En este capítulo se va a detallar el análisis del estado técnico de cada uno de los elementos y piezas que conforman el elevador electro-hidráulico tipo dos columnas, esto se realiza mediante una inspección general del equipo, con lo cual se va a determinar el estado de cada una de los sistemas, elementos hidráulico y partes que lo conforman.

#### 3.1 Determinación del estado técnico de los elementos y piezas del elevador electrohidráulico

Las piezas y componentes del elevador se encontraron muy deterioradas como podemos observar en las siguientes figuras:

**3.1.1 Sistema hidráulico (bomba).** En esta parte del elevador no se encontraba en condiciones de operar, puesto que se observó las siguientes anomalías:

- Bomba sucia ya que ésta no estaba en estado de funcionamiento

Figura 20. Bomba



Fuente: Autores



- Depósito sucio lleno de partículas no deseadas por que impiden el buen funcionamiento de la bomba y todo el sistema hidráulico.

Figura 21. Depósito



Fuente:Autores

- Manguera de absorción en el depósito suelta ya que esta impedia el buen funcionamiento del sistema hidraulico.

Figura 22. Manguera adsorción



Fuente:Autores

- Filtro del depósito sucio ya que hubo muchas impurezas en el deposito de aceite.

Figura 23. Filtro



Fuente:Autores

**3.1.2** *Mangueras hidráulicas.* Se encontraban en mal estado durante la inspección visual de las mismas presentando anomalías como observamos en la figura.

Figura 24. Mangueras



Fuente: Autores

**3.1.3** *Fugas de aceite.* Se verificó que hubo muchas fugas de aceite por los acoples y retenedores de los cilindros, pues observamos algunas anomalías.

- Fugas de aceite por los acoples.

Figura 25. Acoples



Fuente: Autores

**3.1.4** *Cilindros.* En la inspección de este elemento hidráulico se observó que la parte externa estaba en mal estado y la parte interna se encontraba en buen estado de funcionamiento.

Figura 26. Cilindro en mal estado



Fuente: Autores

- Mal estado técnico de los retenedores del vástago de los cilindro estaban rotos y deteriorados por lo que se observa en la figura existía demasiada fuga de aceite hidráulico.

Figura 27. Retenedores



Fuente: Autores

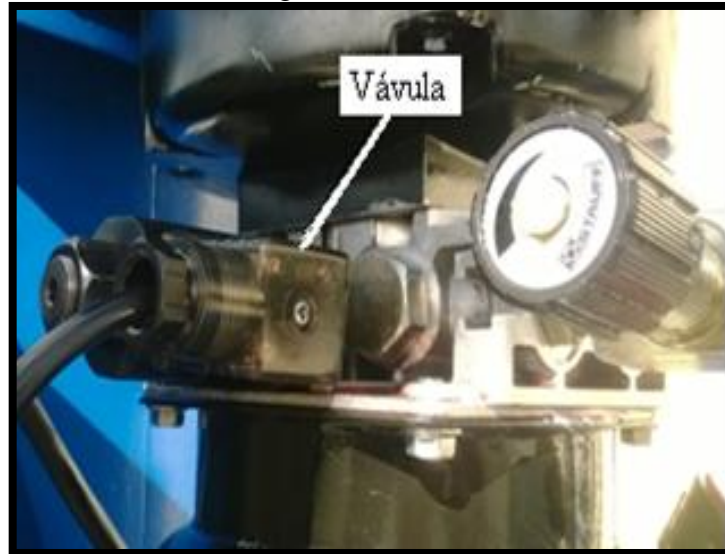
**3.1.5 Electroválvula.** Es una válvula electromecánica, esta es controlada mediante corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. Tienen dos partes fundamentales que son: el solenoide y la válvula. A diferencia de las válvulas mecánicas estas se accionan mediante energía eléctrica.

El solenoide es el encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica actuando directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento (ARIAS, 2011 pág. 25).

Este conjunto de válvulas se encontró en buen estado como se ve en la figura (28) solo se le dio un mantenimiento.



Figura 28. Válvula



Fuente: Autores

### Conjuntó estructural

**3.1.6** *Columnas.* Se observó que las columnas se encontraban en mal estado porque estaban fuera de funcionamiento como se puede ver.

- Columnas deterioradas como se observa en la figura se encontraban en estado de corrosión.

Figura 29. Columnas



Fuente: Autores

- Poleas sucias: La polea es el punto de apoyo de una cuerda que moviéndose se arrolla sobre ella sin dar una vuelta completa actuando en uno de sus extremos la resistencia y en otro la potencia.

Figura 30. Poleas



Fuente: Autores

**3.1.7** *Puente del elevador.* Se encontró sucio y en mal estado.

- Puente del elevador: este puente es de sujeción de la manguera hidráulica y del cable de acero.

Figura 31. Puente del elevador



Fuente: Autores

- Acoples del puente del elevador deteriorado.

Figura 32. Puente



Fuente: Autores

**3.1.8** *Carros deslizables de las columnas.* En este caso se observó que estaban sucios, deteriorados y corroídos la acción a seguir es la de remover la pintura deteriorada, luego se procede a lijar para obtener un acabado superficial más lizo y poder imprimir la primera capa de pintura.

Figura 33. Carros deslizantes

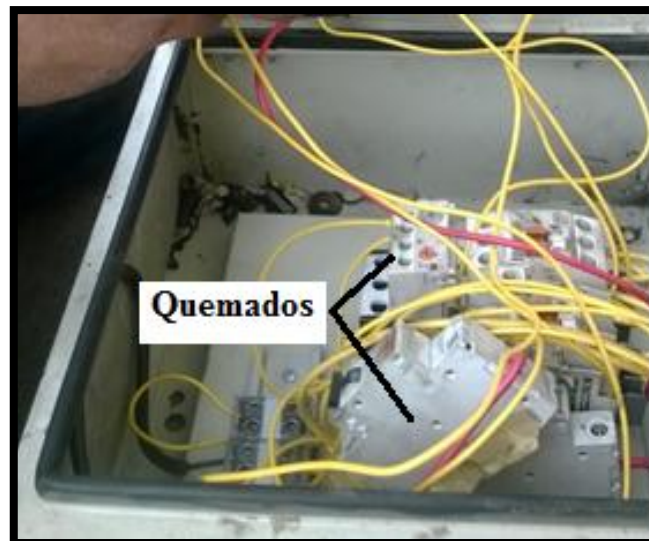


Fuente: Autores

**3.1.9** *Sistema eléctrico (caja eléctrica).* Para lograr la verificación de este elemento se procedió a accionar el interruptor de encendido bifásico, logrando así comprobar que el conjunto eléctrico presentó anomalía durante su funcionamiento.

- Contactores quemados se verifica a simple vista que estos estaban carbonizado y suelto de la caja de controles.

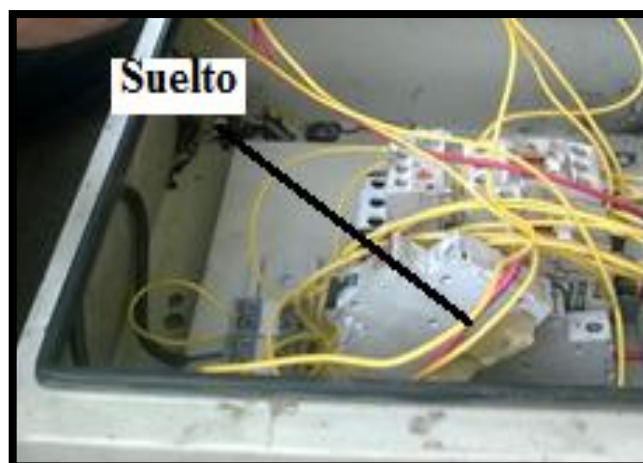
Figura 34. Contactores quemados



Fuente: Autores

- Como podemos observar en la (Fig. 35) el contactor se encuentra suelto

Figura 35. Contactor

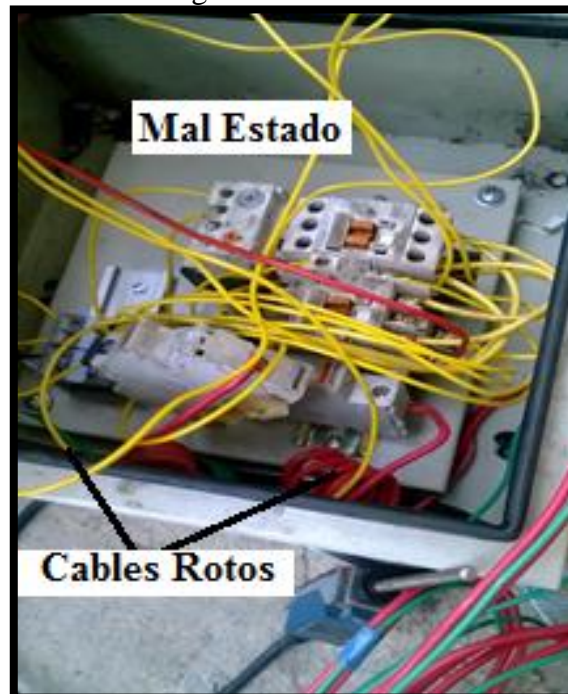


Fuente: Autores



**3.1.10** *Cables eléctricos.* En este caso verificamos que están sueltos, deteriorados y rotos a simple vista.

Figura 36. Cableado



Fuente: Autores

**3.1.11** *Los pulsadores de accionamiento.* En esto se verificó que los pulsadores de ascenso y descenso del sistema del elevador se encontraban quemados.

Figura 37. Pulsadores



Fuente: Autores

Resumen del estado técnico del elevador electro-hidráulico antes del mantenimiento.

Tabla 2. Estado técnico de los componentes del elevador.

<b>Componentes / partes</b>	<b>Estado</b>	<b>Acciones</b>
Bomba	Regular	Limpiar, mantenimiento preventivo
Manguera de adsorción del depósito	Regular	Limpiar, reajustar
Mangueras hidráulicas	Malo	Seleccionar y reemplazar
Acoples	Malo	Seleccionar y reemplazar
Cilindro	Regular	Limpiar, mantenimiento preventivo
Válvula	Bueno	Limpiar
Columnas	Regular	Limpiar, lijar, pintar
Poleas	Regular	Limpiar, lijar, pintar
Puente del elevador	Regular	Limpiar, lijar, pintar
Carros deslizables	Regular	Limpiar, lijar, pintar y lubricar
Contactores	Malo	Reemplazar
Cables	Regular	Limpiar, reajustar
Pulsadores	Malo	Reemplazar

Fuente: Autores

## CAPÍTULO IV

### 4. REPOTENCIACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO

Una vez definido y evaluado el estado técnico del elevador se procederá a repotenciarlo e implementarlo en los talleres de la EIA con el siguiente orden:

- Selección de las mangueras hidráulicas adecuadas para el elevador.
- Selección de acoples hidráulicos.
- Sustitución de los elementos hidráulicos.
- Armado de la plataforma base para la implementación.
- Limpieza y adecuación de las superficies del elevador.
- Desarmado y armado del elevador.
- Implementación y conexiones eléctricas.
- Pruebas de funcionamiento con y sin carga.
- Análisis estructural del elevador en CAD.

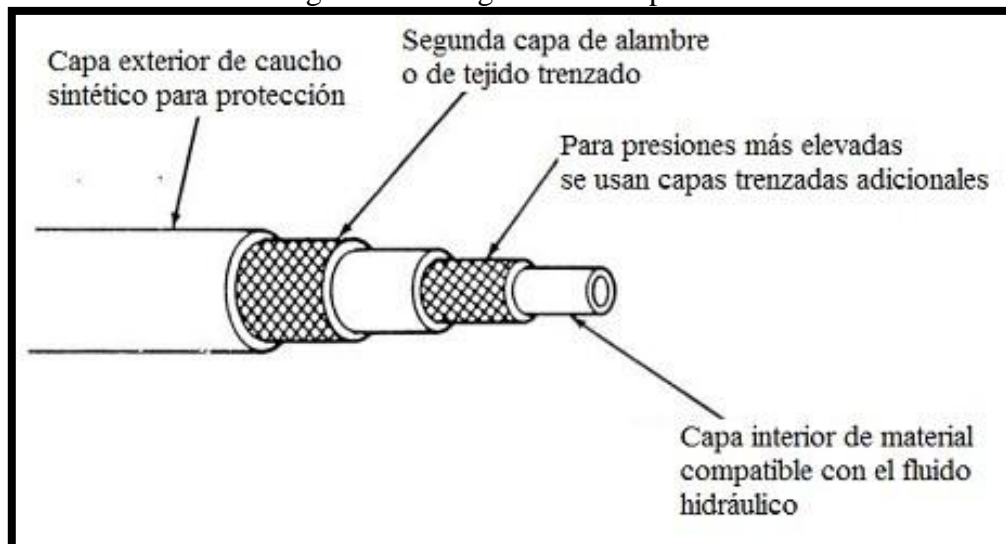
#### 4.1 Mangueras hidráulicas

En la selección de las mangueras, una característica importante es la presión de trabajo a la que está expuesta, la cual trae consigo el definir por categorías de cada una de las líneas según el catálogo.

**4.1.1 Alta presión.** Son mangueras de dos alambres, porque generalmente tiene un refuerzo de dos trenzas de alambre de acero de alta tensión, siempre se encuentran en aplicaciones de alta presión tales como equipo de la construcción. El rango de presión de operación varía de 600 Psi para tamaños de 3/16" D.I. hasta 1825 Psi para tamaños de 2". algunos tipos de mangueras de 3000 Psi y la de 4000 Psi tiene el mismo valor de presión para todos los tamaños.

Básicamente con dos esfuerzos de acero, son mangueras de alto movimiento que cumplen normas americanas, europeas y algunos especiales. Utilizadas en equipos medianos y grandes, son flexibles y algunas poseen cubierta gruesa para aplicaciones de abrasión y manejo de fluidos especiales. Operan desde 2000 a 6000 Psi dependiendo del tamaño.

Figura 38. Manguera de alta presión



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut212/fig14tut212.jpg>

**4.1.2 Baja presión.** Estas están diseñadas para usarse en diferentes aplicaciones con presiones de operación por debajo de 300 Psi. Su refuerzo es generalmente un textil. Son utilizadas en equipo hidráulico de baja presión y también para conducir fluidos de base petróleo, combustible Diésel, aceite lubricante caliente, aire, agua y anticongelantes de glicol.

Figura 39. Manguera de baja presión



Fuente: <http://www.gates.com.mx/seccion03.asp?subseccion=11&segundonivel=25>

**4.1.3 Extrema presión.** Las mangueras de extrema y muy alta presión se utilizan para maquinaria de servicio pesado en donde suceden altos impulsos (incrementos súbitos de presión). Los tubos sintéticos resistentes al aceite en este tipo de mangueras tienen refuerzos de 4 ó 6 capas de alambre de acero de alta tensión en espiral sobre una trenza de textil.

Este refuerzo en espiral es perfectamente ajustado para aplicaciones de presiones a impulsos, ya que los alambres individuales son paralelos y cada capa está separada por un espesor de hule delgado el cual no permite que los alambres se corten. El tipo de diseño de refuerzo en espiral permite una mayor cobertura sobre el tubo que el refuerzo trenzado y además mayor soporte.

El refuerzo en espiral se construye sobre el tubo alternando un número determinado de capas para balancear las fuerzas debidas a la presión en el interior de la manguera.

Son mangueras diseñadas para trabajar en el orden de 5000 ó 6000 Psi. Utilizadas en los sistemas hidráulicos principales de equipos grandes (móviles o estacionarios), poseen una alta resistencia al impulso generado por la presión, utilizan sólo conexiones permanentes para trabajar con altos niveles de seguridad.

Figura 40. Manguera de extrema presión



Fuente: <http://www.gates.com.mx/seccion03.asp?subseccion=11&segundonivel=20>

## 4.2 Selección de accesorios hidráulicos

**4.2.1 Mangueras de alta presión.** Basado al catálogo del fabricante seleccionamos la manguera hidráulica de alta presión, que cumple con las presiones de trabajo que se van a generar en el sistema.


Tabla 3. Catálogo de mangueras de presión

MANGUERA SAE 100 R2 - 2 MALLAS METALICAS											
						<b>Tubo Interno:</b> Caucho sintético negro sin costura, resistente al aceite. <b>Refuerzo:</b> Una trenza de alambre de acero de gran resistencia. <b>Cubierta:</b> Caucho sintético negro resistente a la abrasión, agentes atmosféricos (ozono) y al contacto con grasas y aceites derivados del petróleo. <b>Temperatura:</b> de Utilización: -40°C + 120°C					
Codigo	Diametro Interior	Diametro Interior		Diametro Exterior		Presión Trabajo		Presión Ruptura		Radio mín. Curvatura	
		mm.	pulg.	mm.	pulg.	bar	psi	bar	psi	mm.	pulg.
10..J4.03	3/16"	4.8	188	11.8	465	345	5,000	1,379	20,000	89	3.5
10..J4.04	1/4"	6.3	250	13.4	528	345	5,000	1,379	20,000	102	4
10..J4.05	5/16"	8	312	15	591	293	4,250	1,172	17,000	114	4.5
10..J4.06	3/8"	9.5	375	17.4	685	276	4,000	1,103	16,000	127	5
10..J4.08	1/2"	12.7	500	20.6	811	241	3,500	966	14,000	178	7
10..J4.10	5/8"	16	625	23.7	933	190	2,750	759	11,000	203	8
10..J4.12	3/4"	19	750	27.7	1,091	155	2,250	621	9,000	241	9.5
10..J4.16	1"	25.4	1	35.6	1,402	138	2,000	552	8,000	305	12
10..J4.20	1.1/4"	32	1.25	43.6	1,713	103	1,500	448	6,500	419	16.5
10..J4.24	1.1/2"	38	1.5	50.6	1,992	86	1,250	345	5,000	508	20
10..J4.32	2"	50.8	2	64	2.52	78	1,125	310	4,500	635	25

Fuente: <http://www.multiadapters.cl/a.p.mangueras.hidraulicas01.htm>

Del catálogo seleccionamos la manguera hidráulica de alta presión (5/16"), recomendada por el fabricante (COHELLO, 2013)

Tabla 4. Selección de la manguera

MANGUERA SAE 100 R2 - 2 MALLAS METALICAS											
						<b>Tubo Interno:</b> Caucho sintético negro sin costura, resistente al aceite. <b>Refuerzo:</b> Una trenza de alambre de acero de gran resistencia. <b>Cubierta:</b> Caucho sintético negro resistente a la abrasión, agentes atmosféricos (ozono) y al contacto con grasas y aceites derivados del petróleo. <b>Temperatura:</b> de Utilización: -40°C + 120°C					
Codigo	Diametro Interior	Diametro Interior		Diametro Exterior		Presión Trabajo		Presión Ruptura		Radio mín. Curvatura	
		mm.	pulg.	mm.	pulg.	bar	psi	bar	psi	mm.	pulg.
10..J4.03	3/16"	4.8	188	11.8	465	345	5,000	1,379	20,000	89	3.5
10..J4.04	1/4"	6.3	250	13.4	528	345	5,000	1,379	20,000	102	4
10..J4.05	5/16"	8	312	15	591	293	4,250	1,172	17,000	114	4.5

**Manguera seleccionada**

Fuente: Autores



**4.2.2 Acoples hidráulicos.** Diseñados para trabajar en rangos desde 3,000 hasta 10,000 Psi con buena capacidad de flujo y mínima pérdida de presión. Las medidas más populares van de 1/4" a 1". Los acoples rápidos hidráulicos tienen una sólida reputación por su facilidad de uso sin fugas y con una restricción mínima de flujo durante la operación del sistema. Están diseñados para la transferencia de fluidos, se clasifican por lo general en industriales o agrícolas.

Figura 41. Acoples hidráulicos



Fuente: <http://www.manguerasindustrialesltda.com/acoples.html>

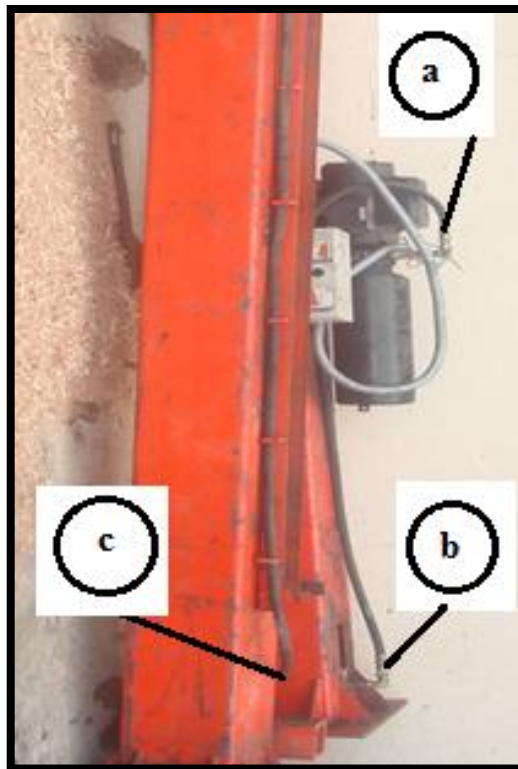
La selección de los acoples hidráulicos se realizó mediante la medida de las mangueras hidráulicas según el catálogo como su medida es de 1/2 pulgada.

### 4.3 Sustitución de los accesorios hidráulicos

Sustitución de la manguera hidráulica. Se verifico que la manguera anterior estaba deteriorada y rota por tal motivo procedemos a ser el desmontaje de la misma (Fig. 42) y luego procedemos a colorar la manguera hidráulica de alta presión escogida según el catálogo como verificamos en la figura (Fig. 43).

- Retirar los acoples. (a) (b) y (c)

Figura 42. Desmontaje de las mangueras hidráulicas



Fuente: Autores

- Retiro de los acoples en mal estado (d).

Figura 43. Acoples



Fuente: Autores



- Retiro de las mangueras hidráulicas averiadas éstas no eran las adecuadas para que el sistema hidráulico funcione correctamente por que las mangueras que estaban eran de baja presión.

Figura 44. Mangueras hidráulicas averiadas



Fuente: Autores

- Montaje de los cilindros en las columnas.

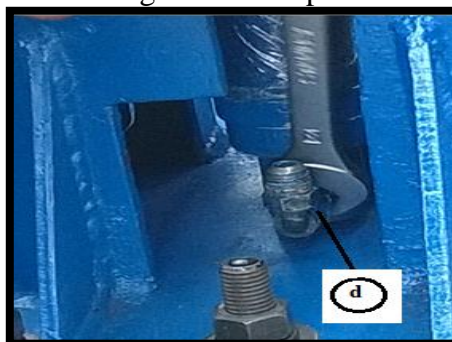
Figura 45. Montaje de los cilindros



Fuente: Autores

- Montaje de los acoples (d).

Figura 46. Acoples



Fuente: Autores

- Montaje de las mangueras hidráulicas de (a), (b) y (c) como se puede observar en la figura.

Figura 47. Montaje de las mangueras hidráulicas

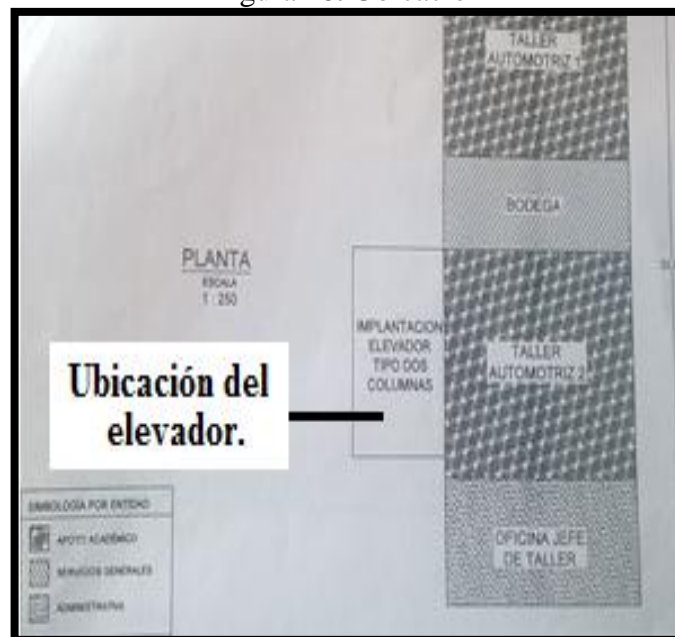


Fuente: Autores

#### 4.4 Ubicación del elevador en el taller

Se solicitó un espacio físico junto al taller automotriz 2 para la implementación de nuestro proyecto de tesis, una vez que nos facilitaron los permisos de construcción por medio del departamento de mantenimiento y desarrollo físico (DMDF), mediante el oficio No. 001-GC-DMDF-2014, donde consta el plano de la implementación del elevador electro-hidráulico. Como se observa en la figura. Ver anexo A.

Figura 48. Ubicación



Fuente: Autores

#### 4.5 Diseño arquitectónico para la construcción del piso

Este plano se realizó por medio un arquitecto basado en el estudio de piso dependiendo para que va ser utilizado este espacio físico, para luego proceder a realizar la implementación del elevador electro-hidráulico, ver plano 1 ya que se utilizó la norma CPE INEN 5: 1984 construcciones áreas administrativas y talleres.

#### 4.6 Construcción de la plataforma para la implementación del elevador electro-hidráulico

**4.6.1 Pasos de construcción del piso.** Se toma algunos aspectos importantes para la implementación del elevador electro-hidráulico.

**4.6.2 Preparación del piso.** Se procede a desbancar con una profundidad de 80cm como nos indica en el plano de construcción de la plataforma.

**La retroexcavadora:** Es una máquina que se utiliza para realizar excavaciones en terrenos. Es una variante de la pala excavadora.

La retroexcavadora se utiliza habitualmente en obras para el movimiento de tierras, para realizar rampas en solares, o para abrir surcos destinados al pasaje de tuberías, cables, drenajes, etc, así como también para preparar los sitios donde se asientan los cimientos de los edificios

Figura 49. Preparación del piso



Fuente: Autores

- Medidas de la superficie de la plataforma de construcción que es 5m de ancho por 10m de largo, como observamos en la figura el desbanque se lo realizó con una retroexcavador para agilizar la obra.

Figura 50. Medidas de la plataforma



Fuente: Autores

- Se procede a cavar las bases para las columnas que sirven como base para el montaje del elevador, según las medidas que se especifican en el plano. (1.20 de profundidad y de 1m x 1m de diámetro.).

Figura 51. Bases para las columnas



Fuente: Autores.



- Armazón de columnas de hierro (diámetro 0,35 x 0,40m de columna) para el asentamiento de las placas base.

Figura 52. Sujeción de barrilla de hierro



Fuente: Autores

- Armazón de parrilla y columna para la placa base.

Figura 53. Placa base



Fuente: Autores

- Preparación de mezcla para la colocación en las base de parrilla y columna, Aunque el concreto premezclado puede resultar más sencillo de usar para aquellos sin conocimientos de reparaciones caseras. Todo concreto está hecho con arena, agregado y grava, y el concreto hecho a mano te permite agregar ingredientes como

pigmentos o grava decorativa. Cuando mezclas concreto a mano, es importante obtener la mezcla correcta de ingredientes secos y húmedos.

Figura 54. Preparación de mezcla



Fuente: Autores

- Colocación de la mezcla de concreto en la base de parrilla y de columna.

Figura 55. Colocación de la mezcla de concreto



Fuente: Autores

- Armazón de tableros para la fundición de las columnas.

Figura 56. Armadura de las columnas



Fuente: Autores

- Preparación de mezcla para fundir las columnas.

Figura 57. Preparación de mezcla



Fuente: Autores

- Colocación de la mezcla en las columnas.

Figura 58. Fundir



Fuentes: Autores

- Compactado del piso para colocar piedra de la plataforma.

Figura 59. Compactando del piso



Fuente: Autores



- Colocación de la piedra en la base de la plataforma.

Figura 60. Colocación de la piedra



Fuente: Autores

**Malla Electro soldada para la Construcción:** Son mallas que están conformadas por barras lisas o corrugadas, laminadas en frío, que se cruzan en forma ortogonal y están soldadas en todas sus intersecciones

- Colocación de la malla electro soldada sobre el empedrado.

Figura 61. Colocación de la malla



Fuentes: Autores

- Dosificación del concreto para la fundición de la plataforma. (2 parihuelas de macadán, 2 parihuelas de ripio, 1 quintal de cemento y 10 miligramos de impermeabilizante).



Figura 62. Dosificación del concreto



Fuentes: Autores

- Fundición de la plataforma.

Figura 63. Fundición de la plataforma



Fuentes: Autores

**Masillado de perfiles de terminación:** Se aplican una o dos manos de masilla con espátula, utilizando el canto del perfil como guía, para lograr una terminación prolija y dejando secar entre ambos pasos. Previamente al masillado se debe retirar cualquier excedente de aceite de la superficie del perfil, esto asegura una mejor adherencia de la masilla.

- Masillado del contra piso de la plataforma.

Figura 64. Masillado del contra piso



Fuentes: Autores

- Colocación de la placa base sobre las columnas de plataforma para la implementación del elevador electro-hidráulico.

Figura 65. Colocación de la placa



Fuente: Autores

#### 4.7 Proceso de pintado

El primer paso o fase del proceso de pintura es la preparación de superficies la cual se define como el conjunto de operaciones que tienen por objeto la eliminación de cualquier contaminante que pudiera encontrarse en la superficie a pintar, así como la creación de

anclajes mecánicos y/o químicos (rugosidad, aumento de energía superficiales, etc.) los cuales favorezcan la adherencia de las futuras capas de pintura.

**Paso 1.** Viendo la condición deteriorada en la que se encontraban el elevador electrohidráulico se procede a remover la pintura deteriorada.

Figura 66. Removedor de pintura



Fuente: Autores

**Paso 2.** Lijar las columnas para obtener una superficie lisa.

Figura 67. Lijar



Fuente: Autores

**Paso 3.** Limpieza de toda la estructura con líquido disolvente para eliminar partículas residuales.



Figura 68. Eliminación de partículas



Fuente: Autores

**Paso 4.** Limpieza total con líquido desengrasante.

Figura 69. Líquido desengrasante



Fuente: Autores

**Paso 5.** Pasar la primera capa de imprimación.

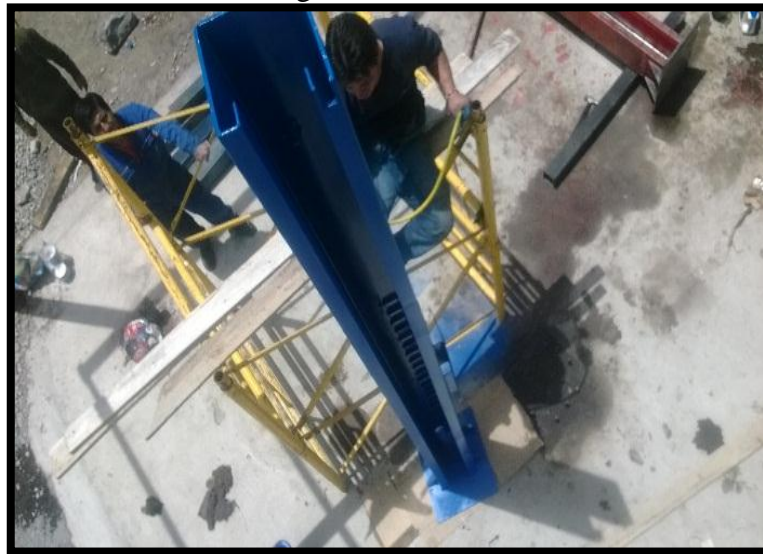
Figura 70. Capa de imprimación



Fuente: Autores

**Paso 6.** Pintado total de las columnas.

Figura 71. Pintado



Fuente: Autores

**Paso 7.** Pintado de los brazos telescópicos.

Figura 72. Pintado de los brazos



Fuente: Autores

#### **4.8 Proceso de armado del elevador electro-hidráulico**

En el proceso de armado del elevador electro-hidráulico se debe tomar todas las medidas de precaución para realizar el ensamble de los elementos hidráulicos, mecánicos y eléctricos, para que lo futuro no exista problemas de funcionamiento en el equipo.

**Paso 1.** Colocar grasa en las columnas. Esto sirve para que los carros deslizables no se remuerdan al momento que estos estén en funcionamiento.

Figura 73. Grasa en las columnas



Fuente: Autores

**Paso 2.** Ubicar los cilindros hidráulicos.

Figura 74. Ubicar los cilindros hidráulicos



Fuente: Autores

**Paso 3.** Ubicación de los topes de goma en los extremos de los carros deslizantes.

Figura 75. Deslizantes



Fuente: Autores

**Paso 4.** Colocar los carros deslizantes en las columnas.

Figura 76. Carros deslizantes



Fuente: Autores

#### **4.8.1** *Instalación del elevador electro-hidráulico.*

**Paso 1.** Posicionamiento de las columnas del elevador electrohidráulico sobre las placas bases.

Figura 77. Posicionamiento de las columnas

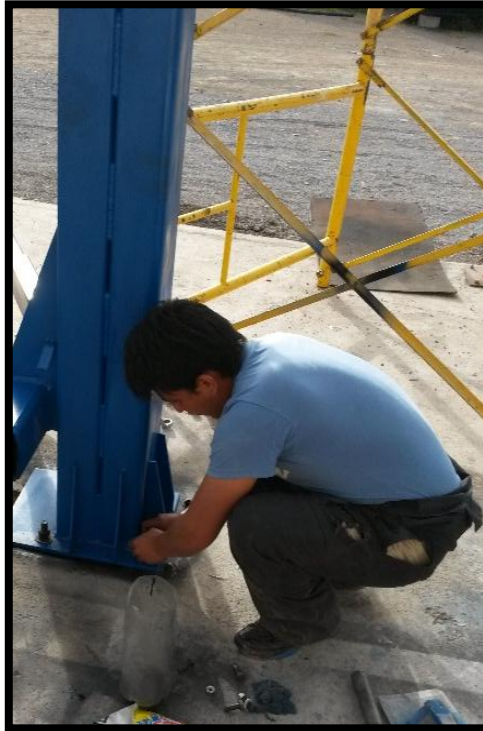


Fuente: Autores



**Paso 2.** Sujeción de las columnas sobre las placas bases.

Figura 78. Sujeción de las columnas



Fuente: Autores

**Paso 3.** Ubicación del puente que sirve para sujetar la manguera hidráulica y los cables de acero.

Figura 79. Ubicación del puente



Fuete: Autores



**Paso 4.** Colocación de los pasadores para la sujeción de los brazos telescópicos y lubricación del mismo.

Figura 80. Colocación de seguros



Fuente: Autores

**Paso 5.** Instalación de la manguera hidráulica con sus respectivos acoples.

Figura 81. Manguera hidráulica con sus respectivos acoples



Fuente: Autores

**Paso 6.** Instalacion de los cables de acero en los brazos deslizables éstos sirven para que los carros deslizables se desplacen uniformemente y asi mantener el equilibrio en los brazo telescopicos.

Figura 82. Cable de Acero



Fuente: Autores

**Paso 7.** Colocación del motor eléctrico, bomba y depósito sobre la columna.

Figura 83. Motor eléctrico, bomba y depósito



Fuente: Autores

**Pasó 8.** Colocar el fluido hidráulico sobre el depósito para el buen funcionamiento de todo el sistema hidráulico.

Figura 84. Aceite



Fuente: Autores

**Paso 9.** Instalación de la caja eléctrica en la columna del elevador, posteriormente se instaló una caja térmica con un interruptor bifásico para permitir el flujo y el cierre de la corriente eléctrica.

Figura 85. Instalación eléctrica



Fuente: Autores

## 4.9 Pruebas de funcionamiento del elevador electro-hidráulico

Luego de haber realizado correctamente la sustitución de los elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos se procede a realizar las pruebas de funcionamiento para verificar el estado técnico del elevador electro-hidráulico.

**4.9.1 Pruebas sin cargas.** se tomó algunos parámetros muy importantes como se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 5. Pruebas sin carga

<b>Sin carga</b>	
Peso del elevador electro hidráulico tipo dos columnas	670 kg.
Peso máximo a elevar.	3500kg.
Tiempo de ascenso.	71s.
Accionamiento del bloqueo mecánico.	Instantáneo
Desacoplamiento del bloqueo mecánico.	Manualmente
Tiempo de descenso.	114s.
Tiempo en estado de elevación.	Por trinquete
Funcionamiento del sistema hidráulico (%).	99%
Funcionamiento del sistema mecánico (%).	99%
Funcionamiento del sistema eléctrico (%).	99%
Funcionamiento del sistema de seguridad (%).	99%
Fiabilidad total del elevador (%).	99%

Fuente: Autores

#### 4.9.2 Pruebas con cargas

Tabla 6. Pruebas con carga

Con carga	
Peso del elevador electrohidráulico tipo dos columnas.	670 kg.
Peso máximo a elevar.	3500kg.
Marca del vehículo.	Mazda
Clase del vehículo.	Camioneta
Peso del vehículo.	2300 kg.
Color.	Rojo
Placa.	PLO-0300
Año de fabricación.	2005
Tiempo promedio de ascenso.	64s.
Accionamiento del bloqueo mecánico.	Instantáneo
Tiempo en estado de elevación.	Por trinquete
Estabilidad de la estructura	Normal
Desacoplamiento del bloqueo mecánico.	Manualmente
Tiempo promedio de descenso.	46s.
Funcionamiento del sistema hidráulico.	99%
Funcionamiento del sistema mecánico.	99%
Funcionamiento del sistema eléctrico.	99%
Funcionamiento del sistema de seguridad.	99%
Fiabilidad total del elevador.	99%

Fuente: Autores

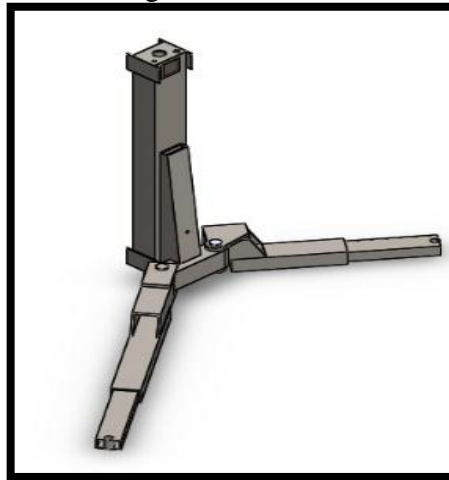
**Nota:** Se concluye al momento de realizar las pruebas sin carga y con carga el tiempo de acenso y descenso varía de acuerdo al peso.

#### 4.10 Estudio de esfuerzos y simulación en CAD

**4.10.1 Análisis estático en los brazos.** Con ayuda del software se pudo analizar la resistencia de los brazos para comprobar que la estructura va a soportar los esfuerzos previstos (peso de un vehículo) y como resultado nos indica el factor de seguridad.

- Se realizó el estudio de los brazos con los elementos que más sufren esfuerzos al momento de elevar un vehículo.

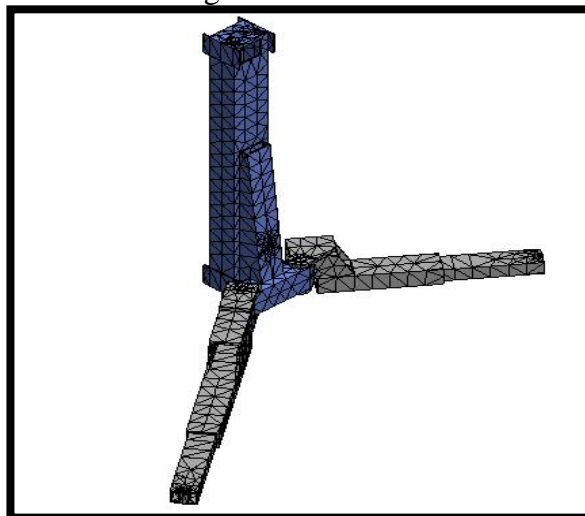
Figura 86. Brazos



Fuente: Autores

- Se escogió un mallado adecuado para realizar el estudio en cada parte de la estructura, para determinar los esfuerzos a los que van a ser sometidos.

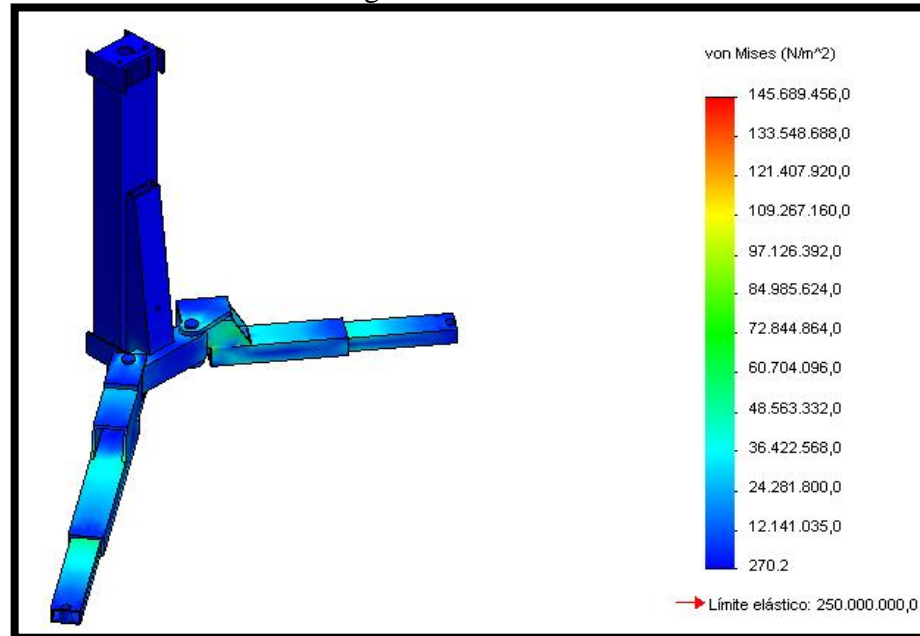
Figura 87. Mallado



Fuente: Autores

**4.10.2 Resultados del estudio.** La siguiente figura se muestra el esfuerzo a los que se encuentra sometidos cada elemento de la estructura a la que se hizo el estudio.

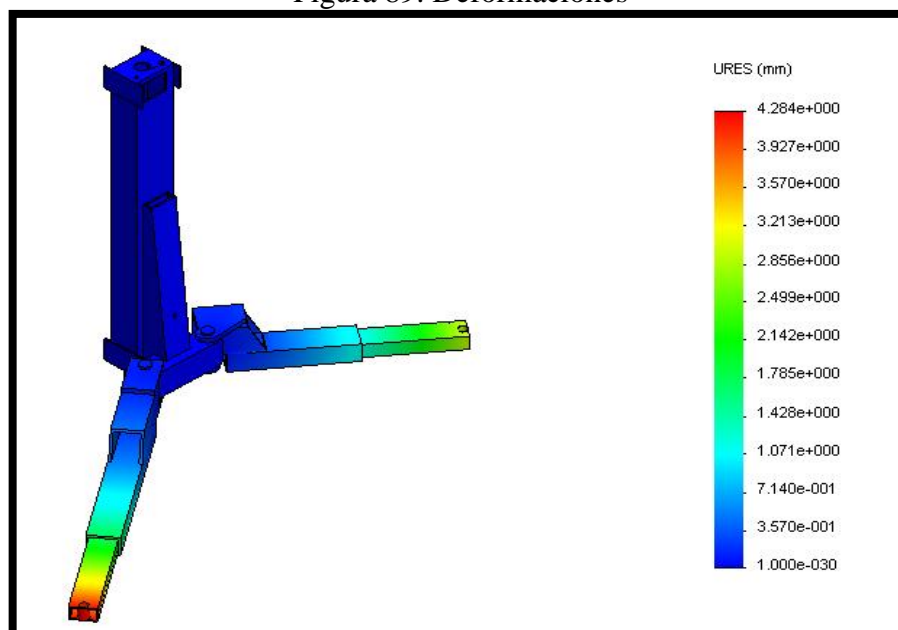
Figura 88. Esfuerzos



Fuente: Autores

- En esta figura se puede apreciar las deformaciones que se produce en cada elemento, indicado la zona roja el lugar en donde se produce el mayor desplazamiento siendo este valor de 4mm.

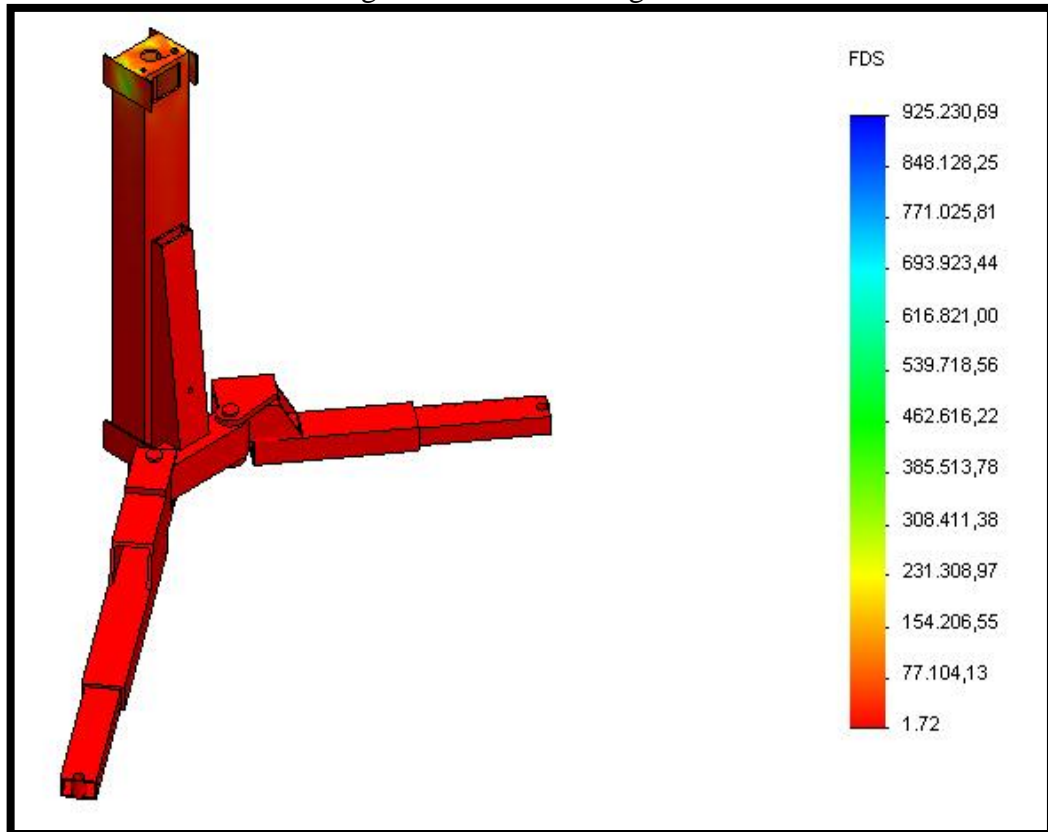
Figura 89. Deformaciones



Fuente: Autores

- La imagen del factor de seguridad nos indica que los elementos estudiados están en condiciones de soportar las cargas predeterminadas. Dando como resultado de 1.7 el cual está dentro del rango de recomendaciones de diseño. Sabiendo que el factor de seguridad que es recomendado de 1.5 a 2.5.

Figura 90. Factor de seguridad



Fuente: Autores

### Conclusión:

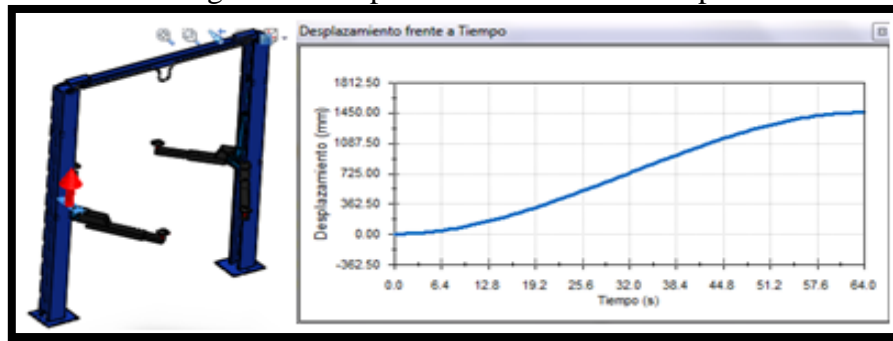
De acuerdo a los valores obtenidos, podemos establecer que el factor de seguridad se cumple satisfactoriamente teniendo un valor de  $\eta = 1.72$ , con este valor podemos determinar que los brazos van a soportar la carga y no fallarán.

### 4.11 Simulación en CAD

La siguiente figura es el resultado del estudio del movimiento que se le hizo al elevador para poder observar el comportamiento de los carros deslizantes y brazos al momento de elevar el vehículo.



Figura 91. Desplazamiento frente – tiempo



Fuente: Autores

## CAPÍTULO V

### 5. PLAN DE MANTENIMIENTO Y MANUAL DE OPERACIÓN PARA EL ELEVADOR ELECTRO-HIDRÁULICO

#### 5.1 Elaboración de un plan básico de seguridad del equipo

Los elevadores de automóviles y camionetas son fundamentales en operar y en desmontaje de todos los sistemas del vehículo. El uso seguro de los mismos es crítico para evitar accidentes que puedan ocasionar tantas lesiones físicas a las personas y daños a los automóviles. Con el manejo adecuado del elevador se asegura una práctica rentable, segura y productiva en el aprendizaje.

La operación segura del elevador electro-hidráulico debe realizar solo personal autorizado o en su efecto que sepa manipular el mismo.

Figura 92. Advertencia



Fuente: <http://huellasenelcamino.files.wordpress.com/2012/08/advertencia.jpg>

- Este manual de instrucciones es una parte integral del producto. Lea atentamente todas las instrucciones contenidas en este manual. Ver anexo B.
- Mantenga este manual a mano para que sea utilizado durante las tareas de mantenimiento.
- Utilice el equipo sólo como se detalla en este manual. Utilice sólo los adaptadores recomendados por el fabricante.
- Este equipo sólo puede ser utilizado para los fines que fue diseñado. Nunca utilice el equipo para otros fines.

- Siempre utilice gafas de seguridad mientras utilice la unidad.

**5.1.1** *Instrucciones de seguridad importantes.* Cuando utilice su equipo, deberá seguir ciertas medidas de seguridad.

- Sólo personal calificado quien haya recibido cierta capacitación podrá poner en funcionamiento esta unidad, cualquier modificación a las partes de esta unidad o en el uso de la misma, podrían causar el daño directo o indirecto de la unidad.
- No mantenga la unidad bajo temperaturas extremas o en ambientes húmedos. Evite la instalación del equipo cerca de artefactos de calefacción, humidificadores u hornos.
- Evite que el elevador entre en contacto con grandes cantidades de polvo, amoníaco, alcohol o adhesivos en aerosol. Mantenga la unidad alejada de la lluvia.
- Siempre desconecte la unidad de la fuente de energía cuando no esté en uso. Nunca tire del cable para desconectar la unidad. Agarre el enchufe y tire de este para desconectarlo.
- A fin de reducir el riesgo de shock eléctrico, no utilice la unidad sobre superficies húmedas y no la exponga a la lluvia.
- A fin de reducir el riesgo de incendio, no haga funcionar la unidad cerca de recipientes abiertos que contengan líquidos inflamables, por ejemplo combustibles.
- Mientras el equipo esté en funcionamiento, personas no calificadas deberán mantenerse alejadas de la unidad.
- No ponga en funcionamiento la unidad si algún cable se encuentra dañado o si el equipo cuenta con partes rotas o faltantes.
- El elevador no puede ser sobrecargado. La carga permitida para el elevador electro-hidráulico será de 3.5 toneladas.
- No eleve la unidad si hay personas dentro del vehículo. Mientras la unidad se encuentre en funcionamiento.
- Mantenga el área de trabajo del elevador libre de obstáculos, grasa, aceite, o basura.
- Posicione el brazo móvil del elevador de tal manera que éste haga contacto con el punto de elevación tal como lo recomienda el fabricante. Eleve el carro y asegúrese de que la plataforma de elevación haga contacto con el vehículo. Eleve el carro a la altura de trabajo deseada.

- En el caso de algunos vehículos, los elementos de instalación provocarán la desviación del centro de gravedad, por lo tanto el vehículo estará inestable. Necesitará apoyo para mantener el vehículo equilibrado.
- Antes de retirar el vehículo del área de elevación, retire el brazo y la plataforma de elevación para evitar el bloqueo durante el movimiento.
- Utilice herramientas y equipo apropiado como así también elementos de protección personal, tales como ropa de trabajo, calzado de seguridad, entre otros.
- Preste mucha atención a todas las marcas de seguridad ubicadas en la estructura de la unidad.
- Mantenga el cabello, la ropa suelta y todas las partes de su cuerpo alejadas de las partes móviles de la unidad.
- Preste atención para no desarmar o inutilizar el sistema de seguridad de la unidad.
- El aceite hidráulico utilizado para este elevador es RANDO HD 46, porque es de alta calidad y rendimiento que prolonga su vida útil de los elementos que lubrica.
- Se debe garantizar una buena ventilación cuando se trabaje con motores de combustión interna.

**5.1.2 Medidas de seguridad.** Se ubicará en una parte visible para las personas que vayan a utilizar el elevador electro-hidráulico para que tengan muy en cuenta antes de ponerle en funcionamiento.

- a. Lea atentamente el manual de instrucciones antes de utilizar el elevador.

Figura 93. Leer el manual



Fuente: Autores

- b. Utilice los puntos de elevación del fabricante del vehículo.

Figura 94. Los puntos de elevación



Fuente: Autores

- c. No ponga en funcionamiento el elevador dañado.

Figura 95. Funcionamiento un elevador



Fuente: Autores

- d. El elevador solo debe ser puesto en funcionamiento por personal calificado.

Figura 96. Personal capacitado



Fuente: Autores

- e. Sólo personal autorizado podrá permanecer en el área de trabajo.

Figura 97. Área de trabajo



Fuente: Autores

- f. Realice mantenimiento e inspecciones adecuadas para lograr el funcionamiento seguro de la unidad.

Figura 98. El mantenimiento e inspección apropiados



Fuente: Autores

- g. Siempre utilice soportes de seguridad para quitar o instalar componentes pesados.

Figura 99. Soporte de seguridad



Fuente: Autores



- h. Adaptadores auxiliares podrían reducir la capacidad de carga del elevador.

Figura 100. Adaptadores auxiliares



Fuente: Autores.

- i. Despeje el área de trabajo si el vehículo corre riesgo de caerse.

Figura 101. Despeje el área de trabajo



Fuente: Autores



- j. Ubique el vehículo con su centro de gravedad en la mitad de los adaptadores.

Figura 102. Centro de gravedad



Fuente: Autores

- k. No se ubique por debajo del elevador mientras se eleva o desciende un vehículo.

Figura 103. Manténgase alejado del elevador



Fuente: Autores

1. Evite el balanceo excesivo del vehículo durante la elevación del mismo.

Figura 104. Evite oscilación excesiva del vehículo



Fuente: Autores

- m. Siempre tenga en cuenta los controles de elevación auto-cerrantes.

Figura 105. No anule los controles de cierre automáticos



Fuente: Autores

- n. Mantenga los pies alejados del elevador cuando descienda el vehículo.

Figura 106. Mantenga los pies alejados del elevador cuando baja



Fuente: Autores

- o. Use extensores de altura para asegurar un buen contacto de las almohadillas con el vehículo (CHANGSHU, 2011).

Figura 107. Extensores de altura



Fuente: Autores

**5.1.3** *Funcionamiento del trinquete o seguro.* Se debe tener en cuenta las siguientes pasos para la seguridad de las personas y correcto funcionamiento del elevador electro-hidráulico.

**Paso 1.** Para el accionamiento del seguro primero libere el cable antes de subir.

Figura 108. Accionamiento del seguro



Fuente: Autores

**Paso 2.** Escuchar los accionamientos de los dos seguros antes que se detenga el funcionamiento.

Figura 109. Accionamientos de los dos seguros



Fuente: Autores

**Paso 3.** Accionar el pulsador de subir para que se libere los seguros si éstos están activados.

Figura 110. Libere los seguros



Fuente: Autores

**Paso 4.** Se debe tomar en cuenta siempre que el cable este sujeto para desactivar el trinquete.

Figura 111. Siempre sujete el cable



Fuente: Autores

**Nota:** el funcionamiento del trinquete o seguro es muy importante observar éstos cuatro pasos ya mencionados.

## **5.2 Elaboración del plan de mantenimiento del elevador**

Para la realización del mantenimiento del elevador electro-hidráulico se debe tomar en cuenta periodos del tiempo del trabajo y lapsos funcionales de los elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos utilizados en mismo.

Según el tiempo de trabajo y las condiciones físicas a la que está expuesta el elevador programaremos los periodos de mantenimiento para así alargar la vida útil del equipo.

Antes de realizar cualquier trabajo tener en cuenta cualquier sonido o mal funcionamiento de los sistemas del elevador, una revisión superficial o auditiva en caso de algún sonido raro o elemento desgastado.

Algo muy importante es la revisión del elevador cada día, o en efecto hacer un reporte semanal, mensual o anual para un mejor control.

## **5.3 Mantenimiento del sistema hidráulico**

El principio, los usuarios piensan que los equipos hidráulicos no requieren de ningún tipo de atención, pero la experiencia demuestra que es necesaria la aplicación adecuada del mantenimiento para así maximizar la vida útil del elevador y reducir costos de mantenimiento. Más del 70% de las piezas de los equipos hidráulicos se utilizan para cambiar componentes defectuosos y, lo que es más el 90% de estos defectos podrían subsanarse realizando un adecuado plan de mantenimiento.

**5.3.1** *Mantenimiento preventivo.* Como procedimientos básicos de prevención en mantenimiento, pueden establecerse los siguientes puntos.

- Evite la contaminación, manteniendo el buen estado de limpieza del fluido hidráulico. En las primeras 50 horas de uso conviene cambiar el fluido hidráulico y el filtro, que estarán cargados de partículas provenientes de los roscas mecánicos de los dispositivos móviles. Si el fluido hidráulico tiene una apariencia lechosa o con espuma, probablemente contiene agua procedente de la humedad del aire, debe cambiarse inmediatamente.

- Mantener la temperatura y viscosidad de trabajo entre límites óptimos de funcionamiento.
- Mantener el ajuste de los parámetros hidráulicos dentro de las especificaciones del fabricante.
- Programar la vigilancia de los componentes del sistema antes de que falle, en particular la bomba. Y los dispositivos de protección contra fallos. La bomba puede ser sometida a cavitación si no recibe el caudal adecuado, por lo que conviene comprobar las válvulas de retención, las válvulas de control, los pistones de los cilindros y cualquiera de los otros elementos que estén en el circuito hidráulico (SOLÉ, 2011 págs. 355-356).

A continuación se detalla el mantenimiento adecuado que se debe dar al elevador electrohidráulico tipo dos columnas.

#### **5.4 Mantenimiento semanal**

- Lubrique todos los rodillos con aceite o grasa liviana.
- Controle las conexiones de los cables, los pernos y pasadores para asegurar un montaje apropiado.
- Lubrique los puntos de pivote de los seguros con aceite o grasa liviana.

#### **5.5 Mantenimiento mensual**

- Controle los seguros para asegurarse de que estén en buenas condiciones.
- Controle todos los cables para detectar cualquier signo de deterioro.
- Haga una inspección visual de todas las piezas móviles, para detectar cualquier signo de deterioro.
- Reemplace todas las piezas, elementos defectuosos antes de volver a operar el elevador.

También se debe tener muy en cuenta lo siguientes puntos:

- a. Nunca exceda la capacidad de carga del elevador, que es de 3.5 toneladas.
- b. No use el elevador si algún componente está defectuoso o deteriorado.



- c. Nunca opere el elevador con personas o equipamiento debajo.
- d. Siempre manténgase alejado del elevador cuando éste suba o baje.
- e. Siempre asegúrese de que los seguros estén activos antes de operar el elevador.
- f. Nunca deje el elevador en posición de elevación a menos que los seguros estén puestos.

### **Para subir el elevador**

- Antes de usar el elevador, lea los manuales de operación y medidas de seguridad.
- Siempre suba el vehículo en los puntos de subida recomendados por el fabricante.
- Ubique al vehículo entre las columnas.
- Ajuste los brazos oscilantes de manera que el vehículo quede posicionado con el centro de gravedad en la mitad.
- Use adaptadores de almohadillas para autos/camionetas cuando sea necesario. La altura de las almohadillas no debe exceder las 9".
- Nunca use los ensambles de la almohadilla del elevador sin las protecciones de caucho.
- Suba el vehículo apretando el botón hasta que el vehículo se eleve apenas del suelo. Vuelva a chequear que el vehículo esté seguro y que los pasadores de cierre estén en su lugar.
- Recién entonces suba el vehículo a la altura deseada. Baje el vehículo al seguro más próximo.
- Siempre asegúrese de que los dispositivos de seguridad estén operativos.

### **Para bajar el elevador**

- Primeramente, suba el elevador para liberar los seguros.
- Libere los seguros tirando el cable de seguridad.
- Asegúrese de que no hayan objetos ni personas bajo el vehículo próximo a ser bajado.
- Baje el vehículo activando el pulsador de descenso de la unidad de mandos.
- Antes de sacar al vehículo del elevador, posicione los brazos oscilantes y soportes del elevador de tal manera que no obstruyan la salida del vehículo.
- Nunca conduzca por encima de los brazos del elevador.



### **5.5.1** *Mantenimiento mensual requerido*

- Controle todos los mecanismos de ajuste y seguridad.
- Controle todas las conexiones de cables, pernos y pasadores para asegurar un montaje y torsión apropiados.
- Inspeccione visualmente los dispositivos de seguridad.
- Lubrique las columnas con grasa.
- Inspeccione todos los pernos de la placa base y re-ajústelos si fuera necesario.
- Controle la posición, centrado y escuadra de las columnas.
- Controle los pasadores de los pivotes de los brazos.
- Controle la tensión del cable estabilizador y ajústelo si fuera necesario.
- Controle que el motor este instalado correctamente.
- Controle que todos los bulones estén ajustados.
- Llenar el depósito de aceite en caso que este incompleto.

### **5.5.2** *Mantenimiento e inspección del cable de acero*

- Los cables de elevación se deben reemplazar cada tres-cinco años o cuando aparezcan signos de deterioro o daño. no utilice el elevador si los cables están defectuosos o deteriorados.
- Los cables de elevación se deben mantener siempre lubricados. Los cables de acero sólo están completamente protegidos cuando cada torón metálico esté lubricado tanto interna como externamente. El desgaste excesivo acorta la vida útil del cable de acero. Los fabricantes sugieren el uso de lubricantes de cable de acero que penetren al centro del cable y brinden una lubricación a largo plazo entre cada torón; estos lubricantes pueden ser: aceite de frenos 90-WT o lubricante para cables de acero ALMASOL
- Todas las roldanas y guías de rodillos en contacto con los cables se deben controlar regularmente para detectar cualquier signo de desgaste o deterioro y para asegurar un desplazamiento libre. Este control se debe hacer en intervalos no mayores a 3 meses para los ejes de la roldana, el fabricante recomienda el uso de grasa para neumáticos para las roldanas y guías de rodillos, se recomienda aceite de frenos 90-WT o un lubricante pesado similar, a aplicarse con cualquier método: bombeo, spray, cepillo o a mano.

## Como encontrar los cables rotos

- El primer paso es aflojar el cable a una posición de reposo y quitar de los rodamientos los puntos de levantamiento. Limpie la superficie del cable con un paño -o un cepillo para cables, si fuera necesario para poder ver si existen roturas.
- Flexione el cable para exponer cualquier cable roto que esté oculto entre los torones.
- Haga una inspección visual. Una forma de hacerlo es desplazar el paño a lo largo del cable de acero para buscar posibles salientes.
- Con un punzón o lezna, explore entre los cables y torones y levante cualquier cable que parezca estar suelto. Para detectar cables internos rotos, será necesaria una inspección más intensiva.

## 5.6 Mantenimiento anual

Tabla 7. Mantenimiento anual

Parte de la máquina	Proceso	Materiales utilizados
Estructura mecánica	Pintar	Lijas, removedor, pintura, compresor
Cilindros hidráulicos	Lijar (vástagos) purgar	Lija de agua 400
Bomba hidráulica	verificar la presión del fluido hidráulico	Visual
Motor eléctrico	Retirar la tapa, limpiar: bornes contactos	Aire comprimido
Pasadores, rodamiento, poleas, columnas	Engrasar	Grasa liviana
Seguros	Lubricar	Grasa liviana
Cambio de aceite hidráulico	Reemplazar Aceite hidráulico (4 gl.)	Rando HD 46

Fuente: Autores

Una vez que se drene el lubricante revisar algún tipo de limalla o basura que puede afectar el normal funcionamiento en el sistema hidráulico, a su vez cause algún tipo de daño al

vástago del cilindro. Revisar los vástagos de los cilindros en caso de alguna ralladura o deformaciones. Tomar en cuenta que se recomienda tener un registro del mantenimiento del elevador ya sea preventivo, predictivo o correctivo, es muy necesario saber que operaciones se han realizado en el elevador.

Tabla 8. Resumen del mantenimiento

<b>Tareas de mantenimiento</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Revisar el aceite hidráulico.	X		
Revisar y apretar las tuercas, tornillos y pernos	X		
Asegurarse que la polea del cilindro tenga un movimiento libre, sin que exista un juego excesivo del pasador de la polea.	X		
Revisar la polea del cable que no exista el movimiento libre y los juegos excesivos.		X	
Revisar circuitos y protecciones eléctricas de la unidad de potencia.	X		
Cambiar cauchos de soporte del vehículo			X
Corregir corrosión y pintar la estructura (si necesita)			X
Limpiar y lubricar los cables de las columnas		X	
Lubricar las poleas, columnas y pivotas		X	
Ajustar tensión de los cables		X	
Sustituir aceite del sistema hidráulico			X

Fuente: Autores

Cabe recalcar que los mantenimientos antes detallados como son semanales, mensuales y anuales se deben respetar estrictamente para el correcto funcionamiento del elevador electrohidráulico.

## **5.7 Manual de operación segura del elevador electro-hidráulico**

La operación segura de los elevadores electro-hidráulico debe realizar solo personal autorización paraqué no sufra ningún de fallo o avería.

### **5.7.1 *El entrenamiento/capacitación debería incluir, pero no limitarse a.***

- Ubicación adecuada de los vehículos en el camino de rodadura. (Ver los requerimientos de carga sobre la base de los neumáticos del fabricante).
- Uso de controles de operación.
- Comprensión de la capacidad del elevador.
- Uso apropiado del seguro y otras herramientas de soporte.
- Uso apropiado, comprensión e identificación visual de los elementos de seguridad y su operación.
- Revisión de las medidas de seguridad.
- Procedimientos de limpieza apropiados (el área del elevador debe estar libre de grasas, aceites, herramientas, equipamientos, basura y otros desechos).
- Inspección diaria del elevador antes de su uso. Inspección de elementos de seguridad, controles de operación, brazos del elevador y otras partes críticas.
- Las tareas de mantenimiento y reparación del elevador se deben hacer siguiendo las instrucciones y requerimientos del fabricante.
- Para la carga y elevación del vehículo se deben seguir las recomendaciones del fabricante del vehículo (CHANGSHU, 2011)

### **5.7.2 *Lo que no se debe hacer cuando se pone en funcionamiento el elevador.***

#### **Peligro**

- No abandone los controles cuando el elevador aún esté en movimiento.
- No se pare directamente en frente del vehículo cuando éste esté cargado o en posición de carga.
- No se acerque al vehículo o intente trabajar en él cuando se lo esté subiendo o bajando.
- Manténgase alejado del elevador cuando esté subiendo o bajando vehículos.

- No mueva ni balancee al vehículo mientras esté en el elevador ni quite componentes pesados del mismo que puedan desbalancear el peso.
- No baje el vehículo hasta que la zona esté despejada de personas, materiales o herramientas.
- Siempre asegúrese de que los dispositivos de seguridad estén operativos y que se hayan bajado a los seguros y el vehículo esté apoyado en las escaleras de seguridad antes de intentar trabajar en él o cerca.
- Algunas tareas de mantenimiento y reparación de vehículos pueden hacer que el mismo se desplace.

**Lea y Comprenda.** Todos los procedimientos de seguridad antes de usar el elevador electrohidráulico tipo dos columnas.

**Mantenga manos y pies alejados.** Mantenga alejados los pies del elevador cuando éste esté bajando. Evite puntos de interferencia.

**Sólo personal capacitado.** Debe operar este elevador. El personal no-capacitado debe mantenerse alejado del área de trabajo. Nunca permita que personal no-capacitado opere o esté en contacto con el elevador.

**Use el Elevador correctamente.** Use el elevador de la manera correcta. Nunca use adaptadores que no estén aprobados por el fabricante.

- No cancele los controles de cierre automático del elevador.
- Despeje el área si el vehículo está en peligro de caer.
- Esté alerta. Vigile siempre lo que está haciendo. Use el sentido común. Esté atento.
- Controle las piezas dañadas. Controle el alineamiento de las piezas móviles, rotura de piezas y cualquier otra situación que pueda afectar la operativa. No use el elevador si algún componente estuviera roto o dañado.
- Nunca quite los componentes relacionados con los dispositivos de seguridad del elevador. No utilice el elevador si los dispositivos de seguridad están dañados o ausentes.
- Cuando el elevador esté descendiendo, asegúrese de que todos estén alejados al menos a seis pies de distancia.

- Asegúrese de que no se hayan quedado criques, herramientas o equipos debajo del elevador cuando éste esté descendiendo.
- Siempre baje el elevador lento y con suavidad.

## 5.8 Diagnóstico de problemas

Tabla 9. Diagnóstico de problemas

Problema	Causa	Solución
El motor no funciona.	<p>Controle el interruptor del circuito o los contactores.</p> <p>Controle el voltaje del motor.</p> <p>Controle todas las conexiones.</p> <p>El interruptor de límite está dañado.</p> <p>El cableado del motor está quemado.</p>	<p>Reemplace el contactor quemado o reinstale el interruptor de circuito.</p> <p>Provea el voltaje correcto al motor.</p> <p>Repare el cableado.</p> <p>Reemplace el interruptor de límite.</p> <p>Reemplace el motor</p>
El motor funciona pero no puede elevar la unidad.	<p>La rotación del motor está invertida.</p> <p>El cuerpo de la válvula de solenoide se encuentra abierto.</p> <p>La bomba hidráulica succiona aire.</p> <p>El tubo de succión se encuentra separado de la bomba hidráulica.</p> <p>El nivel de aceite es bajo.</p>	<p>Cambie la dirección de la rotación del motor modificando la conexión de los cables.</p> <p>Repare o reemplace el cuerpo de la válvula de solenoide.</p> <p>Ajuste todas las conexiones del tubo de succión.</p> <p>Reemplace el tubo de succión.</p> <p>Agregue aceite al depósito de aceite.</p>
El motor funciona, la unidad puede ser elevada	<p>El motor está funcionando con voltaje muy bajo.</p>	<p>Proveer el voltaje correcto para el motor.</p> <p>Retire la suciedad del cuerpo de la válvula de solenoide.</p>

sin carga pero el vehículo no puede ser elevado.	<p>Hay suciedad dentro del cuerpo de la válvula de solenoide.</p> <p>La presión de regulación de la válvula de seguridad es incorrecta.</p> <p>El elevador está sobrecargado.</p>	<p>Ajuste la válvula de seguridad.</p> <p>Controle el peso del vehículo.</p>
El elevador desciende lentamente sin presionar el botón (descenso)	<p>Hay suciedad dentro del cuerpo del electro-válvula.</p> <p>Hay una pérdida externa de aceite.</p>	<p>Retire la suciedad del cuerpo del electro-válvula.</p> <p>Repare la pérdida externa.</p>
La velocidad de elevación es lenta o el aceite sale de la tapa de aceite.	<p>Se mezcló el aceite con el aire.</p> <p>Se mezcló aire con la succión de aceite.</p> <p>El conducto de retorno de aceite está suelto.</p>	<p>Reemplace el aceite hidráulico.</p> <p>Ajuste todas las conexiones de los conductos de succión.</p> <p>Re-instale el conducto de retorno de aceite.</p>
El elevador no puede elevar de forma vertical.	<p>El cable de equilibrio no está ajustado correctamente.</p> <p>El elevador ha sido instalado en un suelo desnivelado.</p>	<p>Ajuste el cable de equilibrio para lograr una tensión adecuada.</p> <p>Sostenga las columnas para nivelar el elevador. Si se exceden 12 mm, coloque cemento para piso y nivélelo. Remítase a la descripción de la instalación.</p>
Los pernos de la placa base no está ajustado	Los pernos o tuercas se encuentran aislados o rotos.	Reemplaces los pernos y tuercas.

Fuente:[http://jsferreteria.com.ar/contenido/documentos/manual\\_de\\_instrucciones\\_elevadores\\_qjy230d-e\\_qjy235d-e\\_2011-07-21-608.pdf](http://jsferreteria.com.ar/contenido/documentos/manual_de_instrucciones_elevadores_qjy230d-e_qjy235d-e_2011-07-21-608.pdf)

## **CAPÍTULO VI**

### **6. COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ELEVADOR EN EL TALLER DE LA EIA**

Para realizar el análisis económico se debe tomar en cuenta costos directos e indirectos que influyeron en el proceso de construcción de la presente tesis, en éste también se detallan costos de construcción y mano de obra para poder culminar nuestro proyecto.

Se menciona algunos conceptos fundamentales para un mejor entendimiento que existen en el desenvolvimiento del detallado de la adquisición de los diversos accesorios y elementos, así como el detalle de costos de fabricación de cada elemento hidráulico, eléctrico y mecánico.

#### **6.1 Costos directos**

Son aquellos egresos que están involucrados directamente con la construcción e implementación física de la maquinaria; tomando en cuenta: compra de materiales, mano de obra, herramientas, equipos utilizados y transporte.

**6.1.1** *Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos del elevador electro-hidráulico.* Todos estos elementos son necesarios reemplazarlo por lo cual se debe realizar una inversión económica para adquirir dichos elementos, por lo tanto pasan a ser parte de los costos directos y todos estos elementos ya sean hidráulicos, eléctricos o estructurales son indispensable para lograr que el elevador electrohidráulico tipo dos columnas este en perfecto estado de funcionamiento.



Tabla 10. Costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos

Descripción	Unid.	Cant.	Precio unit.	Precio total
Mangueras de alta presión	m	8	35	280
Aceite hidráulico Rondo HD 46	galón	5	25	120
Aceite hidráulico SAE 10	galón	5	12	60
Acoples hidráulicos (machos)	-	4	5	20
Acoples hidráulicos (hembras)	-	4	12	48
Retenes hidráulicos	-	4	5	20
Prensado de acoples	-	4	10	40
Mantenimiento sistema hidráulico	-	1	80	80
Mantenimiento del motor eléctrico	-	1	25	25
Contactores	-	2	80	160
Cable sucre bifásico	m	16	1.85	29.60
Caja térmica con interruptores para 220V	-	1	86.30	86.30
Pulsadores eléctricos	-	2	3	6
Almohadilla y adaptadores	-	4	25	100
Torno de poleas	-	2	4	8
Planchas de acero	cm	2	83	166
Pernos, arandelas y tuercas 3/8"	-	14	1.25	17.50
Electrodos 6011	libra	10	2.40	24
Perforación de planchas	-	14	2	28
Soldado de pernos en la plancha	-	2	25	50
Grasa	libra	6	5	30
Gasolina para la limpieza	galón	10	1.48	14.80
Guaípe	libras	15	1	15
Pintura de fondo ploma	galón	2	18	36
Pintura terminado azul	galón	4	24	96
Tiñer	litros	12	1.25	15
Removedor de pintura	litros	3	6	18
Lija de agua	-	6	1	6
Lija de hierro	-	4	1	4
Disco de pulir	-	2	3.75	7.50
Plástico de embalaje	-	1	12	12
Diésel	galón	2	1.03	2.06
Correas plásticas de sujeción		15	0.25	3.75
Señalética de prevención	-	-	50	50
<b>Total</b>	-	-		<b>1678.51</b>

Fuente: Autores.

**6.1.2** *Costo de materiales de construcción para la implementación del elevador electro-hidráulico.*

Tabla 11. Materiales de construcción

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unit.</b>	<b>Precio total</b>
Tablas de encofrado	14	2.50	37.50
Broca de perforación 5/8"	1	8.70	8.70
Pernos de expansión 5/8 *6"	10	1.90	19
Malla electro soldada 5.0 mm *15*15	1	42	42
Varilla de hierro 12mm	8	10.20	81.60
Varilla de hierro 14mm	1	14.25	14.25
Varilla de hierro 8mm	6	4.50	27
Alambre recocido # 18	3	0.85	2.55
Clavos para construcción 2/5"	4	0.80	3.20
Discos de corte para amoladora	6	2	12
Electrodos 7018	4	2.75	11
Tubos cuadrados 4*2 mm	3	45.60	136.80
Planchas de acero 0.30*0.16*4mm	2	8.40	16.80
Perfiles en C de 150*50*2mm	3	22.50	67.50
Perfiles en G de 100*50*2mm	2	19.70	39.40
Amoladora de WALT	1	90	90
Rollo de piola	1	2.50	2.50
Volqueta de piedra	1	75	75
Volqueta de ripio	1	60	60
Volqueta de macadán	1	45	45
Cemento	40	7.10	284
Impermeabilizante	1	5.50	5.50
Brochas	3	2.25	6.75
Pistola de pintura F 75	1	20	20
Acoples para compresor	1	5	5
Pintura sintética negra	2	24	48

Pintura de tráfico	3	15	45
Esmalte blanco	1	5	5
<b>Total</b>	-	-	<b>1211.05</b>

Fuente: Autores

**6.1.3 Costo de mano de obra.** Se conoce como la mano de obra del esfuerzo físico y mental que una persona pone al servicio de la fabricación, realización, empeño, dedicación, perseverancia y construcción de un elemento o maquinaria que considere con bienes de lucro o para desempeñar algún trabajo.

Tabla 12. Costo de mano de obra

Descripción	Horas/hombre	Costo horario	Costo
Soldador	45	4	180
Maestro albañil	-	500	500
Diseño del plano del piso	-	100	100
Diseño estructural	-	40	40
Ayudantes para la fundición	4	80	80
Entechado de la estructura	-	150	150
Asesoramiento técnico	-	50	50
<b>Total</b>	-	-	<b>1100</b>

Fuente: Autores.

**6.1.4 Costo de equipos y herramientas.**

Tabla 13. Costos de equipos y herramientas

Descripción	Horas/máquina	Costo/horario	Costo
Alquiler retroexcavadora	2	25	50
Alquiler de concretara	3	20	60
Alquiler de taladro de perforación	-	50	50
Alquiler de soldadora	-	60	60
Compresor	-	-	-
Herramientas de taller	-	-	-
Herramientas de construcción	-	40	40
<b>Total</b>	-	-	<b>260</b>

Fuente: Autores

**6.1.5 Costo de transporte.** Es el costo del transporte utilizado para el traslado de los materiales para la repotenciación del elevador electro-hidráulico y el transporte del material para la construcción del piso.

Tabla 14. Costo de transporte

<b>Costo de transporte</b>	<b>Costo</b>
Traslado de materiales hidráulicos del elevador	300
Traslado del material de construcción del piso	150
<b>Total</b>	<b>450</b>

Fuente: Autores

## 6.2 Costos indirectos

Son aquellos que no se relacionan directamente con la manufactura, forman parte del costo de producción; incluyen la utilidad que el elevador electro-hidráulico representará y gastos administrativos. Los costos indirectos comprenden:

Tabla 15. Costos indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Costo ingenieril	-	130
Material de investigación	-	150
Impresiones	-	60
Manuales técnicos	4	250
Movilización y transporte personales	2	400
Imprevistos	-	150
Utilidad	-	0
Libros	2	135
<b>Total</b>	-	<b>1275</b>

Fuente: Autores

## 6.3 Costo total y presupuesto

El costo total obtenemos de la sumatoria de los costos directos e indirectos; así se obtiene el presupuesto que se invirtió para culminar el proyecto de tesis del elevador electrohidráulico tipo dos columnas.

**Costo total del proyecto** = costos directos +costos indirectos

**Costo total del proyecto** = (costo de elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos + costo de materiales de construcción + costo de mano de obra + costos de equipos y herramientas + costo de transporte) + (costos indirectos).

**Costo total del proyecto** = (1678.51 + 1211.05 + 1100 + 260 + 450) + (1275)

**Costo total del proyecto** = (4699.56 + 1275)

**Costo total del proyecto** = **5974,56 USD**

## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 Conclusiones**

Se conoció los diferentes tipos de elevadores que existen en el mercado nacional y además se estudió el principio de funcionamiento de los elevadores y su aplicación en el campo automotriz.

Se evaluó el estado del elevador para determinar las posibles fallas, soluciones y luego proceder a sustituir todos los elementos averiados, según las especificaciones del manual de fabricante para comprobar el correcto funcionamiento del elevador electro-hidráulico tipo dos columnas, al estar sometidos a carga.

Se repotenció e implementó el elevador electro-hidráulico en el taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz, realizando un estudio de esfuerzos en el software (CAD) para determinar el coeficiente de seguridad en los brazos del elevador siendo este de  $\eta=1.72$  que está en un rango de fiabilidad seguro y considerando que el peso de los vehículos a ser utilizados están en un rango de 1.5 a 2.8 toneladas por lo cual se concluye que el elevador va a soportar un peso máximo de carga de 3.5 toneladas.

Se realizó un plan de mantenimiento y manual de operación el cual se debe leer antes de poner en funcionamiento el elevador electro-hidráulico y se consideró medidas de seguridad necesarias en la aplicación del proyecto garantizando así evitar accidentes.

#### **7.2 Recomendaciones**

El personal que haga uso del elevador electro-hidráulico deben respetar estrictamente todas las medidas de seguridad que están ubicadas en las columnas del elevador y así se lograra salvaguardar la integridad física de las personas.

Construir un cerramiento para protección del elevador electro-hidráulico ya que está expuesto al excesivo polvo.

Mensualmente hacer el cambio del lubricante de las columnas donde se movilizan los carros deslizantes ya que están expuestos al excesivo polvo, por este efecto se produce rozamiento y por ende desgasta en el interior de las columnas del elevador electro-hidráulico.

Tomar muy en cuenta todas las medidas de seguridad para comenzar a operar el elevador, para preservar la vida de las personas y evitar accidentes en los vehículos.

Tener en cuenta la capacidad máxima de carga del elevador electro-hidráulico siendo este 3.5 Toneladas, para evitar falla y averías al momento de operar el equipo para maximizar la vida útil del elevador.

Utilizar un aceite hidráulico anti-desgaste que cumpla la norma ISO VG 68, para que no se produzca fallas y averías en el sistema hidráulico; uno de los aceite que se encontró en el mercado ecuatoriano y cumple con las especificaciones de la norma es el Rando HD 46.

Antes de poner en funcionamiento el elevador electro-hidráulico es necesario leer el manual de operación del elevador.

Cumplir con todos los mantenimientos mencionados en el capítulo IV, semanal, mensual y anual para conservar el buen estado de funcionamiento el elevador electro-hidráulico.

Trabajar el equipo obligatoriamente con una fuente de energía de 220V, ideal para el correcto desempeño del motor eléctrico.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVAREZ, Guillermo. 2003.** *Manual de hidráulica*. Barcelona : Ltda, 2003.

**ARIAS, Ramiro. 2011.** Electroválvula. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de Junio de 2014.] <http://dspace.internacional.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/469/1/902104.pdf>.

**CHANGSHU, Jiangsu., 2011.** Manual de operaciones. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de Enero de 2014.] [http://jsferreteria.com.ar/contenido/documentos/manual\\_de\\_instrucciones\\_elevadores\\_qjy230d-e\\_qjy235d-e\\_2011-07-21-608.pdf](http://jsferreteria.com.ar/contenido/documentos/manual_de_instrucciones_elevadores_qjy230d-e_qjy235d-e_2011-07-21-608.pdf).

**COHELLO, Luis. 2013.** Mangueras de alta presión. [En línea] 2013. [Citado el: 21 de Mayo de 2014.] <http://es.slideshare.net/EdinHartJohnson/capacitacion-de-mangueras-hidraulicas>.

**FAY, James. 2003.** *Principio de pascal*. Mexico : s.n., 2003.

**LINCON, James. 2002.** *Principio de funcionamiento de le hidraulica*. Barcelona : CEAC, 2002.

**SANCHEZ, Carlos. 2011.** Tipos de elevadores. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de Diciembre de 2013.] <http://www.slideshare.net/mikesanchezmtz/elevadores-automotrices-una-guia-inicial-parte-4>.

**SHIGLEY, Joseph. 2004.** *Diseño de ingenieria mecánica*. Barcelona : s.n., 2004.

**SOLÉ, Antonio. 2011.** *Neumatica e hidráulica*. Mexico : 2º edicion, 2011.

**VALLECILLA, Ramiro. 2004.** *Diagrama de fuerza cartante y momento flector*. Bogota : Editorial y publicaciones, 2004.